

Faculté des Lettres, Arts
et Sciences Humaines

Université
d'Abomey-Calavi

Faculté des Sciences et
Techniques

Ecole Doctorale
Pluridisciplinaire
« Espaces, Cultures et
Développement »



Chaire UNESCO « Sciences,
Technologies et
Environnement » (CUSTE)

Thèse de Doctorat Unique présentée par : Claude Comlan Agbatan AHOUANGNINOU

Pour l'obtention du grade de Docteur de l'Université d'Abomey-Calavi

Spécialité : Gestion de l'Environnement

Option : Environnement, Santé et Développement Durable

N° d'enregistrement :EDP/FLASH/UAC

Titre :

DURABILITE DE LA PRODUCTION MARAICHERE AU SUD-BENIN : UN ESSAI DE L'APPROCHE ECOSYSTEMIQUE

Sous la Direction de :

Monsieur Benjamin E. FAYOMI, Professeur Titulaire, Université d'Abomey-Calavi
Monsieur Thibaud MARTIN, Docteur, Chercheur au CIRAD

Membres du Jury

Président :

Monsieur Michel BOKO, Professeur Titulaire, Université d'Abomey-Calavi (Bénin)

Rapporteurs :

Monsieur Benjamin E. FAYOMI, Professeur Titulaire, Université d'Abomey-Calavi (Bénin)

Monsieur Patrick A. EDORH, Professeur Titulaire, Université d'Abomey-Calavi (Bénin)

Examineurs :

Monsieur Adam AHANCHEDE, Professeur Titulaire, Université d'Abomey-Calavi (Bénin)

Monsieur Christophe S. HOUSSOU, Professeur Titulaire, Université d'Abomey-Calavi (Bénin)

Monsieur Mohamed SOUMANOU, Professeur Titulaire, Université d'Abomey-Calavi (Bénin)

Date de soutenance : 19 Juillet 2013

Mention : Très Honorable avec
Félicitations du Jury



SOMMAIRE

Sommaire.....	2
Dédicace.....	4
Remerciements.....	5
Liste des abréviations.....	9
Résumé.....	11
Abstract.....	12
Liste des tableaux.....	13
Liste des figures et photos.....	17
Introduction.....	18
Chapitre 1 : Cadre conceptuel de l'étude.....	22
1.1. Problématique, Hypothèses et Objectifs.....	23
1.2. Clarification des concepts et revue de littérature.....	29
Chapitre 2 : Cadre géographique de l'étude.....	59
2.1. Présentation de la municipalité de Cotonou(Département du Littoral)	60
2.2. Présentation de la commune de Ouidah	62
2.3. Présentation de la commune de Sèmè-kpodji.....	64
Chapitre 3 : Démarche méthodologique.....	67
3.1. Techniques et outils de collecte des données.....	68
3.2. Techniques et outils de traitement des données.....	73
3.3. Méthodes ou modèles d'interprétation des résultats.....	74
Chapitre 4 : Caractérisation et diversité des exploitations de production maraîchère en milieu urbain et périurbain au sud-Bénin.....	101
4.1. Caractéristiques sociodémographiques des exploitants.....	103
4.2. Pratiques culturelles et gestion des ravageurs.....	105
4.3. Spécifications végétales produites et revenus de l'exploitation.....	108
4.4. Caractéristiques et typologie des exploitations.....	110
4.5. Discussion.....	116
4.6. Conclusion.....	121
Chapitre 5 : Evaluation de la durabilité de la production maraîchère au sud-Bénin	122
5.1. Durabilité agroécologique.....	124
5.2. Durabilité socioterritoriale.....	128
5.3. Durabilité économique.....	130
5.4. Durabilité globale.....	132
5.5. Evolution de la durabilité.....	134
5.6. Discussion.....	137
5.7. Conclusion.....	140
Chapitre 6 : Evaluation des risques des pratiques phytosanitaires dans le maraîchage au sud-Bénin et ses déterminants.....	141
6.1. Risques des pratiques phytosanitaires.....	143
6.2. Déterminants des pratiques phytosanitaires.....	166
6.3. Discussion.....	170
6.4. Conclusion.....	176
Chapitre 7 : Evaluation du risque de contamination des produits maraîchers et de l'environnement par les pesticides au Sud-Bénin.....	177
7.1. Evolution des teneurs résiduelles en pesticides dans les feuilles de chou et sols maraîchers après traitement à la deltaméthrine et au chlorpyrifos-éthyl.....	179
7.2. Analyse des résidus de pesticides dans les produits maraîchers collectés avant récolte....	183

7.3. Analyse des teneurs résiduelles en pesticides dans les produits maraîchers collectés sur marchés de Cotonou.....	184
7.4. Analyse des résidus de pesticides, nitrates, nitrites, phosphates dans sols, eaux provenant des sites maraîchers.....	186
7.5. Essai de mise au point d'une galerie d'identification des familles chimiques de pesticides présents dans les échantillons.....	188
7.6. Discussion.....	190
7.7. Conclusion.....	192
Chapitre 8 : Analyse des efficacités technique, allocative, économique et de la rentabilité dans la production de la grande morelle (<i>Solanum macrocarpon</i>) au sud-Bénin.....	194
8.1. Systèmes de production et caractéristiques des exploitations.....	196
8.2. Contraintes liées à la production de la grande morelle.....	199
8.3. Circuits de distribution.....	199
8.4. Productivité et rentabilité financière dans la production de la grande morelle.....	200
8.5. Evaluation de l'efficacité des producteurs	208
8.6. Déterminants des efficacités dans la production.....	212
8.7. Discussion.....	214
8.8. Conclusion.....	218
Chapitre 9 : Analyse des efficacités technique, allocative, économique et de la rentabilité dans la production de chou pommé (<i>Brassica oleracea</i>) au sud-Bénin.....	219
9.1. Systèmes de production et caractéristiques des exploitations.....	221
9.2. Contraintes liées à la production de chou pommé.....	223
9.3. Circuits de distribution du chou pommé.....	223
9.4. Coûts moyens de production du chou pommé par unité de planche de 6m ²	223
9.5. Productivité des facteurs de production.....	224
9.6. Rentabilité de la production de chou pommé.....	228
9.7. Evaluation de l'efficacité dans la production et analyse des déterminants.....	229
9.8. Discussion.....	233
9.9. Conclusion.....	236
Chapitre 10 : Discussion générale.....	238
10.1. Analyse de la situation actuelle des systèmes de production et pratiques en maraîchage au sud du Bénin.....	239
10.2. Voies d'amélioration de la durabilité des systèmes de production maraîchère au sud du Bénin.....	243
10.3. Analyse critique de la méthode d'évaluation de la durabilité.....	244
Conclusion Générale.....	247
Bibliographie.....	252
Annexe.....	292
Table des matières.....	338
Articles scientifiques publiés.....	344

DEDICACES

✓ A mon père Pierre Oda AHOUANGNINOU et à ma mère Viviane TOTONGNON

Vous m'avez soutenu moralement et financièrement dans ce projet. Que l'Etre Suprême vous accorde longue vie afin que vous puissiez jouir des fruits de vos efforts.

REMERCIEMENTS

- A notre Directeur de Thèse, Professeur Benjamin FAYOMI

Votre affection pour vos étudiants vaut l'admiration qu'ils portent tous à votre personnalité. Vous avez accepté diriger ce travail malgré vos multiples occupations. Vos observations orientations, et soutiens moral financiers nous ont permis de conduire à terme cette recherche. Recevez par la présente, l'expression de notre respectueuse et profonde gratitude.

- A notre co-directeur de Thèse Docteur Thibaud MARTIN

Vous avez accepté co-encadrer cette thèse malgré vos multiples occupations. Votre implication personnelle a permis la réalisation des travaux de laboratoire à l'Institut de Recherche pour le Développement. Nous avons bénéficié de vos conseils et votre apport à ce travail est inestimable.

Toute notre reconnaissance et nos remerciements.

- Au Professeur Michel BOKO

Nous vous remercions de nous avoir acceptés dans votre école et de nous avoir donné les rudiments nous ayant permis de mener à bien ce projet de recherche. Votre apport à la rédaction de cette thèse est inestimable.

Trouvez ici l'expression de notre reconnaissance la plus sincère.

- Au Professeur Patrick EDORH

Notre profonde reconnaissance pour votre soutien et vos conseils au cours de la réalisation de ce travail. Votre apport à la rédaction de cette thèse est inestimable. Merci infiniment.

- Au Professeur Christophe HOUSSOU

Notre profonde reconnaissance pour vos conseils et soutien moral au cours de la réalisation de ce travail. Ces conseils ont été déterminants dans la conduite de ces travaux. Merci infiniment.

- Au Professeur Martin AKOGBETO et aux Docteurs Vincent CORBEL, Cédric PENNETIER, Franck REMOUE et Nicolas MOIROUX chercheurs à l'IRD.

Votre encadrement au cours des travaux de recherche dans votre laboratoire a été déterminant. Trouvez ici l'expression de nos sincères remerciements.

- Au Professeur Mohamed SOUMANOU

Par vos conseils précieux et soutiens, nous avons franchi cette étape de notre projet existentiel. Votre contribution à ce travail est appréciable. Toute notre gratitude et sincères remerciements.

- Au Professeur Léonard FOURN

Vous avez été à l'origine de notre engagement dans la recherche scientifique. Vos conseils et soutiens nous ont été utiles dans la réalisation de ce travail. Trouvez ici l'expression de nos sincères remerciements.

- Aux Professeurs Gauthier BIAOU et Adam AHANCHEDE

Vos enseignements nous ont été très utiles pour la réalisation de ce travail. Trouvez ici l'expression de nos sincères remerciements.

- Au Docteur Françoise ASSOGBA-KOMLAN

Vous nous avez soutenus par vos conseils tout au long de ce travail et vos apports à la rédaction de cette thèse ont été inestimables. Toute notre reconnaissance et remerciements.

- Au Docteur Luc DJOGBENOU

Vous nous avez acceptés dans votre laboratoire et votre contribution à ce travail est appréciable. Trouvez ici, l'expression de nos sincères reconnaissances.

- Au Docteur Joel HUAT

Vos conseils et soutiens tout au long de ce travail ont été très importants. Trouvez ici, l'expression de notre profonde gratitude.

- Au Docteur Laurent PARROT

Toute notre gratitude pour la contribution appréciable que vous avez apportée à ce travail.

- Au Docteur Sylvain KPENAVOU-CHOGOU

Vos conseils en économétrie ont été précieux et déterminants dans la réalisation de ce travail.
Sincères remerciements.

- Aux Professeurs Alphonse AGBAKA, Paulin YOVO, Frédéric LOKO, Evelyne LOZEZ

Votre contribution à ma formation a été déterminante pour la réalisation de ce travail. Soyez en remerciés.

- Aux Docteurs Barthélémy HONFOGA, Evariste GOUNOU, Gaston OUIKOUN, Patrice KPADE, Arouna AMINOU

Toute notre gratitude pour la contribution que vous avez apportez à ce travail.

- Au Monsieur Serge SIMON

Toute notre gratitude pour la contribution appréciable que vous avez apportée à ce travail.

- Aux Messieurs Faustin VIDOGBENA, Armel MENSAH, Amos AWARAKA.

Vos contributions à la réalisation de ce travail ont été appréciables. Sincères remerciements.

- A tous les enseignants du CIFRED et de l'Ecole Doctorale Pluridisciplinaire

Sincères remerciements pour avoir contribué à notre formation. La compétence et le sérieux qui caractérisent chacun de vous nous ont profondément touchés.

- A mes amis Armande BOKO, Abdul-Shabi BIOBANGANA, Benoît ASSOGBA, Wilfried BOKO, Ibrahim SIDDICK, Aziz BOURAIMA et Edgard GODONOU, sincères remerciements pour vos soutiens.

- A mes oncles Aubain TOTONGNON, Junior TOTONGNON, Etienne AHOUANGNINOU et mon ami et frère Mathieu ODOUN, vous m'avez soutenu financièrement et moralement tout au long de ce travail. Sincères remerciements.

- A ma grand-mère et à mes tantes, grand merci pour vos soutiens.

- A mes jeunes frères Géoffroy, Anselme, Bertrand, Stéphane, mes cousines Rafiatou et Marie que ce travail vous serve de référence.

- A TOUS CEUX QUI DE PRES OU DE LOIN

D'une manière ou d'une autre, ont contribué à l'élaboration de ce travail. Profonde gratitude.

LISTE DES ABREVIATIONS

%	: Pourcentage
µg/l	: Microgramme par litre
AChE	: Acétylcholinestérase
CIRAD	: Centre de coopération International en Recherche Agronomique pour le Développement
CL ₅₀	: Concentration létale tuant la moitié de la population
CREC	: Centre de Recherche Entomologique de Cotonou
DBPC	: 1,2-dibromo-3-chloropropane
DDT	: Dichlorodiphényltrichloroéthane
DEA	: Data Envelopment Analysis
DL ₅₀	: Dose létale tuant la moitié de la population
DRA	: Dose repère appliquée
EA	: Efficacité allocative
EE	: Efficacité économique
ET	: Efficacité technique
FAO	: Food and Agriculture Organization
FC	: Facteur de consommation
FCP	: Facteur de compensation
FPer	: Facteur en lien avec la persistance environnemental
Fpf	: Facteur de pondération lié à la formulation
FSH	: Hormone folliculo-stimulante
IC	: Intervalle de confiance
IDEA	: Indicateurs de Durabilité des Exploitations Agricoles
IDPM	: Indicateurs de Durabilité de la Production Maraîchère
IFT	: Indice de Fréquence de Traitement
IgM	: Immunoglobuline de classe M
INRS	: Institut National de la Recherche Scientifique
INSAE	: Institut National de la Statistique et d'Analyses économiques
IRD	: Institut de Recherche pour le Développement
IRE	: Indice de risque pour l'environnement
IRPeQ	: Indicateur de risque des pesticides du Québec
IRS	: Indice de risque pour la santé
IRT	: Indice de risque toxicologique
ISBA	: Institut des Sciences Biomédicales Appliquées
Kg.i.a/ha	: Kilogramme d'ingrédient actif par hectare
Kg.m.a/ha	: Kilogramme de matière active par hectare
LNH	: Lymphome non Hodgkinien
m.a	: matière active
MCO	: Moindre carré ordinaire
Nbre	: Nombre
NC	: Niveau de consommation
NGOs	: Non Gouvernemental Organization
OCs	: Organochlorés
OMS	: Organisation mondiale de la santé
ONGs	: Organisations non gouvernementales

OPs	: Organophosphorés
OR	: Odd-ratios
PADAP	: Programme d'Appui au Développement Agricole périurbain
PSRSA	: Plan Stratégique de Relance du Secteur Agricole
PCP	: Pentachlorophénol
PEEM	: Panel of Experts on Environmental Management
PNUD	: Programme des Nations Unies pour le Développement
QEC	: Quotient d'exposition cutanée
QEO	: Quotient d'exposition orale
RGPH	: Recensement Général de la Population et de l'Habitat
RGPH	: Recensement Général de la Population et de l'Habitat
RTE	: Ratio toxicité/exposition
SCRP	: Stratégie de croissance pour la réduction de la pauvreté
TD ₅₀	: Temps de demi-vie
VIMAS	: Village maraîcher de Seme-kpodji
WHO	: World Health Organization

RESUME

L'amélioration de la durabilité de la production maraîchère est une nécessité pour assurer la sécurité alimentaire et réduire la pauvreté dans les pays d'Afrique subsaharienne. Cependant cette amélioration nécessite la connaissance du niveau actuel de durabilité des exploitations de production maraîchère afin d'identifier les points sur lesquels on pourrait agir pour les faire évoluer vers une agriculture durable. L'objectif principal de la thèse est d'analyser la durabilité de la production maraîchère au sud-Bénin par l'approche écosystémique.

Pour atteindre cet objectif, des enquêtes ainsi que des prélèvements et analyses d'échantillons de légumes, de sols maraîchers et d'eaux ont été effectués de 2009 à 2012 au niveau des unités de production maraîchère. Le calcul des scores de durabilité a été fait à l'aide d'un outil IDPM (Indicateurs de Durabilité de la Production Maraîchère), construit sur la base de la méthode IDEA (Indicateurs de Durabilité des Exploitations Agricoles) qui évalue les scores des exploitations sur les trois échelles de durabilité agroécologique, socioterritoriale et économique. Les risques sanitaires et environnementaux des exploitations ont été évalués à l'aide de l'Indicateur de Risques des Pesticides du Québec (IRPeQ). Les efficacités des exploitations ont été estimées par une méthode paramétrique de frontière stochastique translogarithmique et Cobb-Douglas.

Les résultats de l'étude montrent que les systèmes de production de grande superficie et irrigation motorisée ont des scores de durabilité les plus élevés ($p < 0,0001$). La dimension agroécologique est l'échelle limitant la durabilité dans la production maraîchère au sud du Bénin. Les producteurs n'ont aucun objectif de réduction des risques sanitaires et environnementaux liés à l'utilisation des pesticides, ils utilisent généralement les pesticides qu'ils trouvent sur le marché, pourvu qu'ils arrivent à éliminer les ravageurs et maladies de cultures. Des résidus de pesticide ont été retrouvés en faible quantité dans des légumes produits et commercialisés au Bénin et aussi dans des légumes collectés avant récolte au champ. Les teneurs les plus élevées ont été détectées dans la grande morelle (96,6 ppb d'Equivalent-deltaméthrine). Les facteurs main d'œuvre et engrais chimiques ne sont pas utilisés de façon optimale par les producteurs, ce qui entraîne des inefficacités dans la production. Une amélioration de la dimension agroécologique de la durabilité va accroître la durabilité globale de la production. Des efforts de sensibilisation des producteurs sur les risques inhérents à l'utilisation des pesticides chimiques ainsi que le port d'équipements de protection individuelle appropriés lors de l'épandage de ces produits doivent être multipliés à travers les ONGs et associations de consommateurs. Une subvention à l'acquisition des équipements de protection individuelle appropriée par ces producteurs, le renforcement de l'encadrement technique, la mise à disposition sur les marchés, des biopesticides efficaces et l'introduction des méthodes physiques de lutte contre tous les nuisibles de cultures maraîchères réduiront les risques liés à l'utilisation des pesticides chimiques et accroître le niveau actuel de durabilité de la production. Les autorités municipales ou communales doivent également insérer cette activité dans leurs programmes d'actions prioritaires afin de préserver les espaces verts de production qui se réduisent dans les villes pour ainsi préserver des emplois à de nombreux jeunes gens dans la population active.

Les perspectives de recherche sont orientées vers la mise au point d'un progiciel pour l'automatisation du calcul des scores, la mise au point d'un réseau attribuant des certificats de durabilité, le suivi des risques pesticides en maraîchage et l'étude de la dynamique de la production.

Mots clés : système de production ; maraîchage ; durabilité ; typologie ; risques sanitaires et environnementaux ; IDPM ; IDEA ; IRPeQ ; efficacités ; agriculture durable.

ABSTRACT

The improvement of the vegetable farming sustainability is an importance to ensure food safety and to reduce poverty in the sub-Saharan countries. However this improvement requires the knowledge of farms' current sustainability level in order to identify the points on which actions could be carried out to make vegetable production evolve to a sustainable agriculture. The main objective of the thesis is to analyze vegetable farming sustainability in Southern-Benin using ecosystemic approach.

To achieve this goal, some investigations as well as sampling and analysis of vegetable, groundwater and soil were carried out on vegetable farms from 2009 to 2012. The evaluation of sustainability was carried out using a tool IDPM (Indicators of vegetable growing sustainability), built on the basis of method IDEA (Indicators of farms sustainability) which evaluates the scores of farms on the three scales of sustainability (agroecologic, socioterritorial and economic). The health and environmental risks of pesticide use were evaluated using the Quebec Pesticides Risks Indicators (IRPeQ). The efficiencies analyses were carried out using stochastic frontier translog and Cobb-Douglas functions.

The results of the study show that large farms and motorized watering system are more sustainable ($p < 0.0001$). Agroecologic dimension is the scale limiting sustainability in the market-gardening production in southern Benin. The farmers do not have any reduction objective of health and environmental risks related to pesticides use. They generally use the pesticides that they find on market. The essential is these pesticides manage to eliminate pests and diseases on cultures. The various determining factors of pesticides practices among farmers were their track records, their age, the production site, the practice of farming rotation. Residues of pesticide were found in small quantity in vegetables produced and marketed in Cotonou and in vegetables collected before harvest on farm. Higher concentration was detected in *Solanum macrocarpon* (96.6 ppb of Equivalent-deltamethrin). The factors labor and artificial fertilizers were not used in an optimal way by farmers that involve inefficiencies in the production. An improvement of the agroecologic dimension of sustainability will increase the sustainability of the production. Continuing education and awareness raising efforts towards producers about health hazards derived from chemical pesticide as well as the wearing of suitable protective gears during pesticide spreading must be multiplied through extension services, NGOs and consumers' associations. A subsidy for the individual acquisition of the suitable protective gears to these producers and the provision on the markets, of the effective biopesticides and physical methods to control all the pests and vermin should reduce the risks related to the use of the chemical pesticides and increase the current level of sustainability of the production. The municipal or communal authorities must also insert this activity in their priority action plans in order to preserve the green areas which are reduced in the cities and thus preserving employment for several young people in active population.

The perspectives for research are to develop a software package for automation calculation of scores, to develop a network that will give certificates of sustainability in vegetable production, to monitor pesticides risks and to study the vegetable production dynamics in Benin.

Key words: system of production; market-gardening; sustainability; typology; pesticide health and environmental risk; IDPM; IDEA; IRPeQ; efficiency; sustainable agriculture.

LISTE DES TABLEAUX

Tableau I	Caractéristiques sociodémographiques des producteurs	104
Tableau II	Moyennes et écarts-types des variables quantitatives caractérisant les exploitations	105
Tableau III	Fréquence d'utilisation des fertilisants et des énergies fossiles	106
Tableau IV	Caractéristiques des exploitations maraîchères	107
Tableau V	Répartition des exploitations maraîchères selon les espèces produites	109
Tableau VI	Répartition des producteurs par niveau de revenu	109
Tableau VII	Valeurs moyennes des indicateurs de la dimension agroécologique	125
Tableau VIII	Distribution des scores de durabilité agroécologique	126
Tableau IX	Moyennes des scores de durabilité par sites de production	127
Tableau X	Maxima et minima des scores de durabilité par sites de production	127
Tableau XI	Valeurs moyennes des indicateurs de la dimension socioterritoriale	129
Tableau XII	Distribution des scores de durabilité socioterritoriale	130
Tableau XIII	Valeurs moyennes des indicateurs de la dimension économique	132
Tableau XIV	Distribution des scores de durabilité économique	132
Tableau XV	Distribution des scores de durabilité globale	133
Tableau XVI	Distribution des dimensions limitant la durabilité selon les sites	133
Tableau XVII	Moyennes de durabilité selon les 7 classes issues de la typologie	134
Tableau XVIII	Formulations de pesticides recensées chez les maraîchers des trois sites de production en 2009	145
Tableau XIX	Portion des producteurs qui utilisent les pesticides	147
Tableau XX	Toxicités et indices de risque sanitaires des matières actives recensés	148
Tableau XXI	Indices de risque pour la santé (IRS) des pesticides recensés	149
Tableau XXII	Toxicités et indices de risque environnementaux des matières actives recensés	151
Tableau XXIII	Indices de risque pour l'environnement (IRE) des pesticides recensés	152
Tableau XXIV	Indices de risque des pesticides pour la santé par exploitation IRPest-S	153
Tableau XXV	Indices de risque des pesticides pour la santé à l'hectare IRPest-S/ha	154
Tableau XXVI	Indices de risque des pesticides pour la santé par unité de masse de matières actives IRPest-S/kg m.a	154
Tableau XXVII	Indices de risque des pesticides pour l'environnement par exploitation IRPest-E	156
Tableau XXVIII	Indices de risque des pesticides pour l'environnement à l'hectare IRPest-E/ha	156
Tableau XXIX	Indices de risque des pesticides pour l'environnement par unité de masse de matières actives IRPest-E/kg m.a	157
Tableau XXX	Indices de pression pesticides (Kg m.a/ha)	158
Tableau XXXI	Indices de fréquence de traitement insecticides (IFT-Insecticide)	159
Tableau XXXII	Indices de fréquence de traitement fongicides (IFT-fongicide)	159

Tableau XXXIII	Indices de fréquence de traitement nématicides (IFT-nématicide)	160
Tableau XXXIV	Possession et port d'Equipements de protection individuelle (EPI)	162
Tableau XXXV	Mesures prophylactiques après l'utilisation des pesticides par les producteurs	163
Tableau XXXVI	Effets de l'utilisation des pesticides sur les producteurs	164
Tableau XXXVII	Perception des producteurs et lieux de stockage des pesticides	165
Tableau XXXVIII	Effets des pesticides chimiques constatés par les producteurs sur la biodiversité	166
Tableau XXXIX	variables des modèles d'analyse des déterminants de l'utilisation des pesticides chimiques et de l'utilisation des équipements de protection individuelle	167
Tableau XL	Résultats du modèle d'analyse des déterminants de l'utilisation des pesticides chimiques	168
Tableau XLI	Résultats du modèle d'analyse des déterminants de l'utilisation des Equipements de Protection Individuelle (EPI)	169
Tableau XLII	Teneurs résiduelles en pesticides dans les légumes collectés avant récolte sur les sites	183
Tableau XLIII	Fréquence d'échantillons positifs par sites maraîchers	184
Tableau XLIV	Teneurs résiduelles en pesticides dans les légumes collectés dans les marchés	185
Tableau XLV	Fréquence d'échantillons positifs provenant des sites maraîchers et des marchés	186
Tableau XLVI	Teneurs résiduelles en pesticides, nitrates, nitrites, phosphates dans d'eau et de sols des sites maraîchers	187
Tableau XLVII	Résultats de l'estimation du modèle d'analyse des déterminants de la mortalité des larves L1 d' <i>Aedes aegypti</i> au contact des sols	188
Tableau XLVIII	Toxicité (CL ₅₀) des de la deltaméthrine et du chlorpyrifos sur les larves de trois souches d' <i>Anopheles gambiae</i>	189
Tableau XLIX	Taux de mortalité des larves L1 des souches kisumu, kiskdr et acerkis d' <i>Anopheles gambiae</i> au contact des extraits éthyliques de feuilles de chou traités au pesticide	189
Tableau L	Moyennes et écart-types des quantités de facteurs de production de grande morelle	196
Tableau LI	Caractéristiques des exploitations maraîchères produisant la grande morelle	198
Tableau LII	Systèmes de production de grande morelle et modes de faire valoir	198
Tableau LIII	Hiérarchisation des contraintes dans la production de grande morelle au sud du Bénin	199
Tableau LIV	Coûts des opérations de production de grande morelle par unité de planche de 6 m ²	201
Tableau LV	Quantités et coûts moyens des intrants et extrant par unité de planche de 6 m ² de grande morelle	201
Tableau LVI	Productivités en valeur du travail, de la terre et du capital	202
Tableau LVII	Compte d'exploitation de la production de grande morelle par site à l'hectare	203
Tableau LVIII	Compte d'exploitation de la production de grande morelle par système à l'hectare	204

Tableau LIX	Compte d'exploitation de la production de grande morelle par période à l'hectare	205
Tableau LX	Moyennes des résultats de l'exploitation de morelle par planche selon les sites	207
Tableau LXI	Paramètres estimés de la fonction stochastique translogarithmique de production	209
Tableau LXII	Paramètres estimés de la fonction Cobb-Douglas de coût dual	210
Tableau LXIII	Caractéristiques descriptives et distribution de fréquence des indices d'efficacité des producteurs dans la production de la grande morelle	211
Tableau LXIV	Moyennes des indices d'efficacité par système de production	212
Tableau LXV	Facteurs déterminant les niveaux d'efficacité dans la production de la grande morelle	213
Tableau LXVI	Caractéristiques des exploitations de production de chou pommé	222
Tableau LXVII	Moyennes et écart-types des variables superficie et main d'œuvre dans la production du chou pommé	222
Tableau LXVIII	Hiérarchisation des contraintes liées à la production du chou au sud-Bénin	223
Tableau LXIX	Coûts des opérations dans la production de chou par unité de planche de 6 m ²	224
Tableau LXX	Quantités et coûts moyens des intrants et de chou par unité de planche de 6 m ²	224
Tableau LXXI	Compte d'exploitation de la production du chou pommé par site à l'hectare	225
Tableau LXXII	Compte d'exploitation de la production du chou pommé par système à l'hectare	226
Tableau LXXIII	Estimation de la fonction de production Cobb-Douglas du chou pommé	227
Tableau LXXIV	Moyennes et écarts-types des résultats de l'exploitation de chou par planche selon les sites	228
Tableau LXXV	Résultats de l'exploitation par planche selon les systèmes de production	229
Tableau LXXVI	Estimation de la fonction frontière stochastique Cobb-Douglas de production du chou pommé	230
Tableau LXXVII	Caractéristiques descriptives et distribution de fréquence des indices d'efficacité des producteurs dans la production du chou pommé	231
Tableau LXXVIII	Estimation de la fonction frontière stochastique Cobb-Douglas de coût dual du chou pommé	231
Tableau LXXIX	Facteurs déterminant les niveaux d'efficacité des producteurs dans la production du chou pommé	233
Tableau LXXX	Critères de toxicité aigue des matières actives	295
Tableau LXXXI	Critères de toxicité chronique des matières actives	295
Tableau LXXXII	Facteur tenant compte de la persistance environnementale et du potentiel de bioaccumulation	296
Tableau LXXXIII	Facteur de pondération lié au type de formulation (FPf)	296
Tableau LXXXIV	Valeur de FCP en fonction de la DRA	296
Tableau LXXXV	Facteur d'interception (fint) de la culture en fonction du type de pesticide	298

Tableau LXXXVI	Valeur de Tvt en fonction du ratio toxicité/exposition basée sur la CL ₅₀ exposition de 14 jours	298
Tableau LXXXVII	Valeur de T _{abeille} en fonction du quotient d'exposition orale (Qeo) ou d'exposition par contact (Qec) pour les abeilles	298
Tableau LXXXVIII	Valeur de O en fonction du ratio toxicité/exposition pour les oiseaux	299
Tableau LXXXIX	Valeur de A en fonction du ratio toxicité/exposition pour les organismes aquatiques	299
Tableau XC	Valeur de M en fonction de l'indice GUS et la DRA	300
Tableau XCI	Valeur de P en fonction de la demi-vie et la DRA	300
Tableau XCII	Valeur de B en fonction de la demi-vie et du log _{poe}	300

LISTE DES FIGURES

Figure 1	Concept du Développement Durable	35
Figure 2	Approche écosystémique de la santé humaine	40
Figure 3	Mesure de l'efficacité technique et allocative	57
Figure 4	Détermination de l'efficacité économique	57
Figure 5	Carte localisant les périmètres maraîchers	60
Figure 6	Représentation graphique des axes 1 et 2 issus de l'analyse des correspondances multiples (ACM)	111
Figure 7	Typologie des exploitations maraîchères	113
Figure 8	Moyennes et maxima théoriques des scores de composantes de durabilité	126
Figure 9	Evolution de la durabilité moyenne pour les onze exploitations suivies	135
Figure 10	Evolution des scores moyens des composantes de la durabilité pour les exploitations suivies	135
Figure 11	Evolution des scores moyens et maxima des composantes de la durabilité pour les exploitations suivies	136
Figure 12	Evolution de la durabilité au niveau de l'exploitation H026	136
Figure 13	Evolution de la durabilité au niveau de l'exploitation S044	137
Figure 14	Evolution de la durabilité au niveau de l'exploitation O018	137
Figure 15	Répartition des pesticides en fonction de leur activité selon les sites de production	143
Figure 16	Répartition des pesticides en fonction de la filière à laquelle ils sont destinés	143
Figure 17	Distribution des indices de risque sanitaire à l'hectare IRPest-S/ha	154
Figure 18	Distribution des indices de risque sanitaire par masse de matières actives IRPest-S/kg m.a	155
Figure 19	Distribution des indices de risque environnemental à l'hectare IRPest-E/ha	156
Figure 20	Distribution des indices de risque environnemental par masse de matières actives IRPest-E/kg m.a	157
Figure 21	Distribution des indices de pression en pesticides (kg m.a/ha) par sites	158
Figure 22	Evolution des risques sanitaires liés à l'utilisation des pesticides des exploitations maraîchères	160
Figure 23	Evolution des risques environnementaux liés à l'utilisation des pesticides des exploitations maraîchères	161
Figure 24	Evolution des teneurs résiduelles en pesticides dans les feuilles de chou après un traitement au chlorpyrifos-éthyl et à la deltaméthrine	179
Figure 25	Evolution des teneurs résiduelles en pesticides dans les sols de planches de chou après un traitement à la deltaméthrine	180
Figure 26	Evolution des teneurs résiduelles en pesticides dans les sols de planches de chou après un traitement au chlorpyrifos-éthyl	181
Figure 27	Destination de la production de grande morelle au sud-Bénin	200
Figure 28	Principale clientèle de la production de grande morelle au sud-Bénin	200

Photo 1	Extraits éthyliques des résidus de pesticides contenus dans des légumes	82
Photo 2	Distribution des échantillons dans des gobelets contenant 9,9 ml d'eau+20 larves L1 d' <i>Aedes aegypti</i>	82
Photo 3	Préparation des dilutions de deltaméthrine et de chlorpyrifos-éthyl	83

INTRODUCTION GENERALE

La préservation de l'environnement constitue une préoccupation pour la communauté nationale et internationale. Depuis la publication du rapport Brundtland de la commission des Nations-unies sur l'Environnement et le Développement en 1987, la dimension environnementale est désormais prise en compte dans toute stratégie de développement. Le terme consacré « Développement Durable » est souvent repris pour qualifier différents secteurs de développement.

Ainsi dans le secteur agricole, le concept d'agriculture durable désigne une agriculture productive, rentable économiquement, transmissible, respectueuse de l'environnement, de la santé humaine et qui est en mesure de résoudre le problème de la sécurité alimentaire. L'agriculture constitue la base de l'économie des pays d'Afrique subsaharienne. Elle a contribué à hauteur de 29,9% à 33,2% du Produit Intérieur Brut (PIB) des pays de l'Afrique de l'Ouest et du Centre de 1985 à 1999 (FIDA, 2001).

Au Bénin, la contribution du secteur agricole au PIB a diminué de 34% en 1995 à 32,6 % en 2005 puis à 29,89 % en 2008, soit en moyenne un taux de 34,3 % sur la période 1995-2005 et de 30,48 % sur la période 2005-2008 (Aly *et al.*, 2007 ; PSRSA, 2009). Elle demeure un des principaux moteurs de la croissance économique au Bénin avec une contribution moyenne à la croissance de 0,9 % entre 2007 et 2009 (SCRCP 2007-2009). L'amélioration des conditions de vie des populations d'Afrique tropicale étant tributaire de l'agriculture, la promotion d'une agriculture durable est donc une nécessité pour assurer un bien-être aux populations actuelles et futures.

Selon le document de la Stratégie de Croissance pour la Réduction de la Pauvreté (SCRCP, 2007-2009), l'économie béninoise est vulnérable aux chocs externes car elle est essentiellement basée sur le coton (40 % des recettes d'exportation). La diversification des cultures d'exportation est un moyen pour réduire progressivement cette vulnérabilité. Le climat et la diversité des sols au Bénin sont favorables à la diversification des productions agricoles et peut permettre la couverture des besoins alimentaires de base par la production domestique (PSRSA, 2009).

L'agriculture urbaine et périurbaine constitue un sous-secteur de l'agriculture. Elle a connu une évolution à la suite de l'explosion démographique urbaine (Assogba-Komlan *et al.*, 2007). Ce sous-secteur agricole regroupe le maraîchage et l'élevage de petits ruminants et de volailles. La production maraîchère se développe à la périphérie des grandes villes africaines et contribue à la sécurité alimentaire. Les cultures maraîchères sont pratiquées dans toutes les

régions du Bénin, sur les plateaux, dans les plaines alluviales, dans les vallées, et dans les bas-fonds. Elles sont constituées d'une part des cultures traditionnelles (tomate, piment, gombo, oignon) et d'autres part des légumes feuilles et les cultures exotiques (carotte, chou, laitue, concombre, poireau, haricot vert...) pratiquées dans les zones urbaine et périurbaine. Mais la production maraîchère est plus forte dans le sud du Bénin (Tokannou et Quenum, 2007). En effet, le sud du Bénin est fortement arrosée toute l'année parce qu'il bénéficie d'un climat subéquatorial favorable (Boko, 1988 ; Totin, 2010).

Par sa production domestique, le Bénin n'arrive pas à couvrir ses besoins alimentaires en produits maraîchers. Le constat est que le Bénin continue d'importer une bonne partie de sa consommation en produits maraîchers des pays voisins tels que le Burkina Faso et le Nigéria (PSRSA, 2009). Le maraîchage a un potentiel en gain de devises. Il a été identifié comme l'une des filières agricoles prioritaires à promouvoir au Bénin dans le Plan Stratégique de Relance du Secteur Agricole (ibid.).

Selon Singbo *et al.* (2004), la production maraîchère est une activité qui répond aux préférences et à la demande alimentaire urbaine. Elle représente une source importante de revenu et d'emploi (Adorgloh-Hessou, 2006). La production maraîchère au sud du Bénin est destinée en grande partie à la commercialisation sur les marchés de Cotonou, de Porto Novo et d'Abomey-Calavi. Mais elle est confrontée à de nombreuses contraintes et engendre aussi des nuisances qui limitent sa durabilité. Les nuisances liées à la production maraîchère ont été documentés dans plusieurs pays d'Afrique tropicale (Cissé *et al.*, 2003 ; Akogbéto *et al.*, 2005 ; Obopile *et al.*, 2008 ; Williamson *et al.*, 2008). Au nombre des contraintes qui entravent la production des cultures maraîchères, figurent l'insécurité foncière, la non maîtrise des ravageurs et des maladies, la faible maîtrise de l'eau, les difficultés de conservation et le faible niveau d'organisation des acteurs de la filière (Atidéglà, 2006). La question fondamentale de cette thèse est de savoir si la production maraîchère au sud du Bénin s'inscrit dans une perspective de développement durable, c'est-à-dire si elle est écologiquement saine, socialement équitable, économiquement viable et transmissible.

Cette thèse intitulée : « Durabilité de la Production Maraîchère au sud du Bénin : Un Essai de l'Approche Ecosystémique » est structurée en dix chapitres.

Le premier chapitre a été consacré à la problématique, la précision des objectifs poursuivis et la clarification des concepts et théories utilisés dans la thèse.

Le second chapitre a procédé à une description du cadre géographique de la zone d'étude et le troisième chapitre a présenté la démarche méthodologique de recherche utilisée.

La caractérisation et la typologie des exploitations de production maraîchère ont été faites dans le chapitre 4. Les scores de durabilité des exploitations ont été présentés dans le chapitre 5. Les chapitres 6 et 7 ont évalué les risques sanitaires et environnementaux et le niveau de contamination des légumes liés aux pratiques phytosanitaires des producteurs.

L'analyse des performances économiques des producteurs dans la production de la grande morelle et le chou pommé a été faite à travers les chapitres 8 et 9. Quant au chapitre 10, il présente la discussion générale de l'étude.

CHAPITRE 1: CADRE CONCEPTUEL DE L'ETUDE

1.1. PROBLEMATIQUE, HYPOTHESES ET OBJECTIFS

1.1.1. PROBLEMATIQUE

Le développement tel qu'il était conçu et tel qu'il continue d'être mené sur notre planète, se résume en une exploitation incontrôlée des ressources naturelles. Le concept de développement durable issu du rapport Brundtland de la commission des Nations-unis sur l'environnement et le développement en 1987 qui consacre une place importante à la prise en compte de l'environnement dans la planification du développement a été adopté au sommet de Rio sur la diversité biologique en 1992 (Biaou, 2005). Les objectifs de la convention sont entre autre la conservation de la biodiversité, l'utilisation durable de ses éléments et le partage juste et équitable de l'exploitation des ressources naturelles.

La convention de Rio a été ratifiée par le Bénin le 30 juin 1994 (ibid). Dès lors le Bénin par le Ministère de l'environnement et diverses institutions et ONGs, s'efforce de mettre en œuvre dans tous les secteurs d'activité, une stratégie pour un développement durable. La promotion d'une agriculture durable est une nécessité pour assurer un héritage du patrimoine naturel aux générations futures d'autant que l'agriculture et la production maraîchère sont une source importante de pollution (Cissé *et al.*, 2003 ; Traoré *et al.*, 2006 ; Pazou *et al.*, 2006a ; Assogba-Komlan *et al.*, 2007). En dépit de son impact sur l'environnement, le maraîchage figure aujourd'hui parmi les douze filières prioritaires identifiées et retenues par le Gouvernement béninois dans le Plan Stratégique de Relance du Secteur Agricole et Rural (Tokannou et Quenum, 2007). C'est une filière qui contribue à la sécurité alimentaire et joue un rôle sociologiquement et économiquement important au sein de la population béninoise. La consommation nationale de légumes frais est très élevée et estimée en 2002, à 74.000 tonnes, soit environ 80 kg par personne et par an (PADAP, 2003). Le Plan Stratégique de Relance du Secteur Agricole (PSRSA, 2009) met l'accent sur l'amélioration de la productivité des cultures maraîchères et projette qu'en 2015, plus de 400 mille tonnes de produits maraîchers de grande consommation (piment, tomate, oignon et carotte) devront être disponibles sur les marchés.

Malgré les contributions positives de la production maraîchère, les systèmes de production maraîchère présentent des risques sanitaires et environnementaux élevés. Ces risques sont liés à l'utilisation inadéquate des engrais et produits phytosanitaires, aux pratiques d'irrigation, à la pollution de la nappe phréatique et à la santé des consommateurs du fait de la présence des résidus dans les légumes (Sæthre *et al.*, 2011 ; Ahouangninou *et al.*, 2012 ; Traoré *et al.*,

2006 ; Cissé *et al.*, 2003). En effet, la production maraîchère en Afrique tropicale est dépendante de l'utilisation des pesticides chimiques (Akogbéto *et al.*, 2005 ; Obopile *et al.*, 2008 ; Williamson *et al.*, 2008 ; Ahouangninou *et al.*, 2011). L'utilisation des pesticides en agriculture est certes utile pour optimiser les rendements dans les cultures de rentes et maraîchères, mais l'usage doit tenir compte d'un certain nombre de considérations pour minimiser les impacts sanitaires et environnementaux.

Lors des traitements phytosanitaires en pulvérisation sur feuillage, les pourcentages de perte sont de 10 à 70% vers le sol et 30 à 50% vers l'air (Aubertot *et al.*, 2005). Lors d'une fumigation du sol, 20 à 30% de pertes dans l'air peuvent se produire selon le bon respect ou non des règles d'application. Les pertes en direction des compartiments de l'environnement varient suivant l'état de développement des cultures, le réglage du pulvérisateur, la composition de la bouillie et les conditions météorologiques. Les pesticides déposés sur le sol peuvent subir des transferts à travers le sol et atteindre la nappe phréatique ou par ruissellement et contaminer les eaux de surface. Selon leur durée de vie, certains pesticides peuvent persister dans le sol alors que d'autres sont très vite dégradés par la microflore du sol ou par hydrolyse chimique et donner des métabolites ou résidus qui peuvent être aussi toxiques. Au Sénégal dans la zone périurbaine de Niayes où les pesticides sont utilisés dans le maraîchage, Cissé *et al.* (2003) ont trouvé dans la nappe phréatique des concentrations de résidus de pesticides dépassant les normes de potabilité de l'eau. En Côte d'Ivoire, Traoré *et al.* (2006) ont décelé une contamination de l'eau souterraine par les pesticides organophosphorés et organochlorés dans les régions agricoles où les pesticides sont utilisés dans les cultures de cacao, café, hévéas, banane et maraîchage. Les produits agricoles destinés à la consommation peuvent aussi être contaminés par les pesticides. Assogba-Komlan *et al.* (2007) ont décelé des teneurs de résidus dépassant 0,5µg/g pour les organochlorés (DDT, Endrine, Heptachlore) dans les légumes au sud Bénin. L'étude de Sæthre *et al.* (2011) a aussi décelé des résidus de pesticides dans des légumes commercialisés dans les marchés du sud-Bénin.

L'impact des pesticides sur l'environnement peut se traduire par des pertes économiques significatives. Lors des traitements phytosanitaires, la partie des pesticides qui pénètre dans le sol par lixiviation peut être nocive pour la microflore du sol et particulièrement les vers de terre qui jouent un rôle important dans le maintien de la fertilité du sol. Les pesticides peuvent être dangereux pour les antagonistes (compétiteurs, prédateurs et parasites) des ravageurs cibles. Ils peuvent être toxiques pour les insectes et oiseaux

pollinisateurs sans lesquels la biodiversité serait réduite. Les pesticides peuvent réduire considérablement les populations d'abeilles productrices de miel, de produits de ruche et de cire. Ils peuvent causer des dégâts importants dans la faune aquatique. Pimentel *et al.* (1993) estime qu'entre 1977 et 1987 aux Etats-Unis, 6 à 14 millions de poissons meurent chaque année à cause des pesticides. L'utilisation des insecticides en agriculture peut avoir deux effets directs sur les populations d'insectes vecteurs de pathogènes à l'homme ou à l'animal : par une action non spécifique, ces insecticides tuent également les vecteurs, et de manière plus préoccupante, ces insecticides en créant une pression de sélection, provoquent l'apparition de résistance aux insecticides chez les vecteurs. Après quarante ans d'utilisation intensive des insecticides organochlorés (OCs), et organophosphorés (OPs) en agriculture et en particulier sur les cultures cotonnières, les experts de l'OMS et de la FAO reconnaissent à la fin des années 1980 l'évidence d'une sélection de la résistance des insectes vecteurs de maladies par les pratiques phytosanitaires agricoles (WHO, 1986 ; PEEM, 1987 ; FAO, 1987).

L'exposition aux pesticides peut occasionner des effets chroniques sur la santé. Les études menées récemment par Lizardi *et al.* (2007) montrent que l'exposition à court terme aux pesticides organophosphorés semble avoir un effet altérateur de la vitesse d'attention, de la cognition et de la vision chez les enfants. Selon London *et al.* (2005), les études sur l'animal montrent un lien entre l'exposition aux organophosphorés et les troubles du système nerveux central dus à la sérotonine qui sont impliqués dans la dépression et le suicide chez l'homme. Les recherches de Sousa-Passos (2006) suggèrent que l'exposition aux pesticides peut causer toute une série de dysfonctionnements neurologiques et de désordres neuropsychiatriques lesquels à leur tour constituent d'importants facteurs dans le développement de pensées suicidaires pouvant amener les personnes atteintes à l'acte suicidaire. Sanborn *et al.* (2004) font état d'une grande variété de problèmes de santé humaine découlant de l'exposition aux pesticides tels que les troubles de la reproduction, les problèmes génotoxiques, immunotoxiques, dermatologiques, neurotoxiques et une dizaine de différents types de cancer. Des études menées par Fayomi *et al.* (1998) sur la variation de l'activité cholinestérasique chez 51 producteurs de coton à Banikoara au nord du Bénin ont montré une différence statistiquement significative du niveau des cholinestérases entre producteurs en période de pulvérisation et producteurs en période de repos. Les niveaux de cholinestérases sont plus abaissés en période de pulvérisation de pesticides. Des cas de décès ont été aussi rapportés au Bénin et imputés à l'intoxication par l'endosulfan (Ton *et al.*, 2000).

L'existence de phénomènes de résistance a été mise en évidence dès 1928. L'emploi répété d'une matière active sur une culture sélectionne les individus résistants d'une population entraînant à plus ou moins long terme la résistance de toute la population à cette matière active voire parfois de sa famille chimique. Entre 1948 et 1990, le nombre des cas de résistance chez les insectes est en constante augmentation : 14 espèces en 1948, 224 en 1969 et plus de 500 en 1990 (Mouchès *et al.*, 1990). En Afrique sub-saharienne, les études menées par Martin *et al.* (2000) ont mis en évidence la résistance de *Helicoverpa armigera* aux pyréthrinoides dans les cultures du coton. Otoidobiga *et al.* (2002) ont montré une résistance de *Bemisia tabaci* à la cyperméthrine, au methamidophos et à l'omethoate. L'utilisation des pesticides agricoles notamment contre les ravageurs de coton et des légumes contribue à la sélection de la résistance chez plusieurs espèces de moustiques dont les vecteurs de paludisme en Afrique (Akogbéto *et al.*, 2005).

Des méthodes alternatives de lutte présentant moins de risques existent. Il s'agit de l'utilisation des extraits de plantes comme *Azadirachta indica*, *Hyptis suaveolens* et *Carica papaya* et qui sont de fabrication locale. L'introduction de ces biopesticides dans les systèmes de production des légumes est de lutter contre les ravageurs des cultures tout en respectant les principes écologiques, la santé humaine et l'environnement. L'utilisation des biopesticides dans le contrôle des ravageurs des cultures est considérée comme une partie intégrante d'un système de production durable. Elles permettent de valoriser au mieux les ressources locales, d'améliorer la qualité des produits, de réduire les coûts de production et favoriseraient l'augmentation de la productivité, et par conséquent, l'amélioration des revenus des producteurs (Adétonah, 2007). Mais leur utilisation est très limitée par les producteurs (Adékambi *et al.*, 2010). Même si les biopesticides sont moins dangereux pour les agroécosystèmes et diminuent le risque de présence de résidus dans les aliments produits, certains biopesticides ont une action moins rapide ou nécessitent un environnement spécifique pour être efficaces et pourraient aussi avoir un impact sur des organismes non cibles utilisés dans le biocontrol (Birch *et al.*, 2011). Une substitution des pesticides chimiques par les biopesticides devient une question importante en production maraîchère. L'objectif premier des maraîchers est le gain de productivité et la rentabilité financière au détriment de l'environnement et la santé humaine. Cette rentabilité ne prend pas en compte les coûts écologiques ou externalités négatives de l'usage des intrants chimiques.

La production maraîchère est aussi consommatrice en engrais chimiques. L'utilisation de fertilisants chimiques améliore la qualité des cultures (FAO-CIRAD, 1994). Au niveau du sol, une fertilisation efficace ralentit l'érosion. Mais l'utilisation de plus en plus d'engrais chimiques et l'abandon de fumier a pour conséquence, une baisse de la teneur du sol en humus et une dégradation de sa structure, une pollution des eaux par les nitrates et les phosphates et pourrait être à l'origine de l'eutrophisation des cours d'eau.

Le maraîchage au sud du Bénin est pratiqué tout le temps dans l'année et dépend de quantités importantes d'eaux pour l'irrigation. Selon Gandonou *et al.* (2007), les producteurs n'adoptent pas de bonnes pratiques d'irrigation. Les bonnes pratiques d'irrigation permettraient d'optimiser la production tout en économisant l'eau. D'après Atidéglà (2006), le système de forage et d'arrosage motorisé permet une application plus efficace de l'eau d'irrigation et contribue à réduire sensiblement le gaspillage des ressources en eau. Ce système permet d'assurer la durabilité sociale en réduisant la pénibilité du travail, et la durabilité environnementale en limitant les créations de gîtes larvaires de culicidés, vecteurs de maladies transmissibles.

Aussi, l'urbanisation sans cesse croissante hypothèque le développement de la production maraîchère qui contribue à la création de l'emploi, participe à la sécurité alimentaire, et à l'amélioration du cadre de vie à travers l'utilisation des ordures ménagères comme fertilisants organiques. Les producteurs maraîchers tout comme les agriculteurs urbains se heurtent en général au problème de lotissement de la part des autorités municipales. Les lotisseurs ignorent son importance, adopte une position désinvolte face à la question de lui faire place dans les lotissements (Tokannou et Quenum, 2007). Parfois même si les places sont prévues, elles finissent par être détournées à d'autres fins. Les maraîchers au sud du Bénin exploitent donc de petites superficies souvent inférieures à 0,25 ha en milieu périurbain et à 0,05 ha en milieu urbain à Cotonou (Ahouangninou *et al.*, 2011 ; Assogba-Komlan *et al.*, 2007). Les producteurs maraîchers sont aussi confrontés à un autre problème qui est celui du financement de leurs activités étant donné qu'ils exploitent de petites portions de terres. Ils ne disposent pas non plus pour la plupart des fonds nécessaires pour s'équiper en matériel de production efficace.

Les différents problèmes inhérents à la production maraîchère amènent à poser la question sur sa durabilité. La production maraîchère telle que pratiquée dans le sud du Bénin est-elle

durable ? Est-elle économiquement viable et transmissible, écologiquement saine et socialement équitable ?

1.1.2. Hypothèses de recherche

Pour répondre aux questions de recherche, les hypothèses suivantes ont été formulées :

H1: La dimension agroécologique limite la durabilité de la production maraîchère au sud du Bénin

H2: Les risques sanitaires et environnementaux sont inhérents au système actuel de production maraîchère.

H3: L'utilisation des systèmes de production de grandes superficies et irrigation motorisée accroît l'efficacité technico-économique de la production.

1.1.3. Objectifs de recherche

1.1.3.1. Objectif général

L'objectif général de la thèse est d'analyser la durabilité de la production maraîchère au sud du Bénin par l'approche écosystémique afin d'identifier les points sensibles et les pistes d'amélioration, ce qui contribuera à la promotion d'une agriculture maraîchère durable respectueuse de l'environnement et de la santé humaine.

Pour atteindre cet objectif général, cinq objectifs spécifiques ont été formulés.

1.1.3.2. Objectifs spécifiques

O1: Identifier les pratiques agricoles et systèmes de production maraîchère

O2: Calculer les scores de durabilité agroécologique, socioterritoriale et économique des exploitations maraîchères

O3: Identifier les risques sanitaires et environnementaux des pratiques phytosanitaires

O4: Déterminer le niveau de contamination des légumes, eaux et sols maraîchers par les pesticides

O5: Mesurer la performance économique des exploitations

1.2. CLARIFICATION DES CONCEPTS ET REVUE DE LITTÉRATURE

Cette sous-section présente la littérature sur le sujet et clarifie les concepts et théories utilisés et qui donnent du sens à cette recherche.

1.2.1. Agriculture

Selon Prévost (1999), l'agriculture est une activité de l'homme qui consiste à produire, dans un milieu donné, des végétaux ou des animaux utiles à l'activité humaine, et en particulier à l'alimentation.

L'agriculture au sens global peut être définie comme un ensemble de techniques orientées vers la mise en valeur de l'exploitation rationnelle et économique des végétaux et des animaux (Boko, 2004).

L'objectif final de l'agriculture est donc la satisfaction des besoins du producteur et de la société. L'agriculture implique avant tout l'utilisation des ressources naturelles telles que le sol, l'eau, les végétaux, les animaux et est orientée vers la satisfaction des besoins alimentaires de la société. L'agriculture peut donc être définie comme le processus par lequel les hommes utilisent les ressources naturelles (eaux, sols, végétaux, animaux) et différentes techniques pour produire des aliments et satisfaire leurs propres besoins alimentaires ou celui de leurs sociétés. L'agriculture en tant que secteur d'activités est subdivisée en plusieurs sous-secteurs et filières.

1.2.1.1. Agriculture urbaine et périurbaine

C'est une agriculture pratiquée en ville ou à proximité des villes, généralement en parcelles partagées, en jardins, individuels et/ou collectifs.

L'agriculture urbaine se réfère à de petites superficies (par exemple, terrains vagues, jardins, vergers, balcons, récipients divers) utilisées en ville pour cultiver quelques plantes et élever de petits animaux et des vaches laitières pour une consommation personnelle ou des ventes de proximité (FAO, 1999). L'agriculture périurbaine désigne des unités agricoles proches de la ville qui gèrent des exploitations intensives commerciales ou semi-commerciales en pratiquant l'horticulture (légumes et autres cultures), l'élevage de volailles et d'autres animaux, pour la production de lait et d'œufs (ibid.).

L'agriculture urbaine et périurbaine est pratiquée dans le monde entier à l'intérieur des limites administratives des villes ou aux alentours de celles-ci. Elle permet d'obtenir des produits provenant de l'agriculture, de l'élevage, de la pêche et de l'agroforesterie. Elle comprend également les produits forestiers autres que le bois, ainsi que les fonctions écologiques de l'agriculture, de la pêche et de la foresterie.

Pour Moustier et Mbaye (1999), l'agriculture périurbaine correspond à l'agriculture urbaine selon la terminologie anglo-saxonne et est considérée comme l'agriculture localisée dans la ville et à sa périphérie, dont les produits sont destinés à la ville et pour laquelle il existe une alternative entre usages agricoles d'une part et non agricoles des ressources ou intrants d'autre part. L'alternative débouche sur des concurrences, mais également sur des complémentarités entre ces usages :

- foncier bâti et foncier agricole ;
- eau destinée aux besoins des villes et eau d'irrigation ;
- travail non agricole et travail agricole ;
- déchets ménagers et industriels et intrants agricoles ;
- coexistence en ville d'une multiplicité de savoir-faire due à des migrations, cohabitation d'activités agricoles et urbaines génératrices d'externalités négatives (vols, nuisances) et positives (espaces verts).

Les alternatives à l'usage des ressources utilisées dans l'agriculture urbaine et périurbaine entravent sa pérennisation. La production maraîchère ou maraîchage occupe la place la plus importante de l'agriculture urbaine et périurbaine au Bénin.

Etymologiquement, le mot maraîchage dérive du mot latin «mariscus», terme relatif aux lacs et marais (Fanou, 2008). Ce concept s'est d'abord appliqué aux cultures de légumes effectuées dans les marais. Il fait partie intégrante de l'horticulture. L'horticulture dérive du mot latin «hortus» qui signifie jardin. L'horticulture se définit donc comme la culture des jardins. Elle désigne selon le Dictionnaire Larousse (2002), la branche de l'agriculture qui englobe la production des légumes, des petits fruits, des fleurs, des arbres et arbustes d'ornement. Le maraîchage représente aujourd'hui une composante essentielle sinon la plus

importante de l'horticulture, particulièrement dans les pays sous-développés où elle tient une place importante dans l'économie.

Le Dictionnaire Larousse (2002) définit le maraîchage comme la production intensive des légumes et certains fruits, en plein air ou sous-abri. Cette définition du concept de maraîchage ne prend pas en compte les spécificités de cette activité dans le contexte africain. D'autres définitions plus adaptés au contexte africain ont été proposées par différents auteurs.

Pour Gonroudobou (1985), le maraîchage est une activité complexe qui se caractérise par la mise en valeur de superficies réduites et par la production d'une multitude de spéculations. Il s'agit alors d'une production intensive et continue, une série d'opérations (le labour et le dressage des planches, le repiquage, l'arrosage, la récolte, la vente etc.) qui occupent la journée du maraîcher. Cette définition paraît plus explicite sur ce qu'est le maraîchage dans le contexte béninois selon Fanou (2008). Cette définition assimile le maraîchage à une activité continue et ne prend pas en compte les systèmes de production maraîchère de décrue (une composante non négligeable de la production maraîchère au sud du Bénin qui se pratique dans des zones de bas-fonds).

1.2.1.2. Systèmes de production maraîchère

La notion de système de production se définit comme le mode de combinaison des facteurs de production comme la terre, la force et les moyens de travail à des fins de production végétale ou animale. Cette définition paraît trop simple et ne fait pas ressortir la notion de système de culture.

Adégbidi (1994) propose une définition plus élaborée. Ce dernier définit le système de production comme un ensemble organisé et combiné de sous-systèmes de culture et d'élevage, et des ressources en terre, en moyens de production et en force de travail, permettant la mise en œuvre de ces sous-systèmes. Le système de culture quant à lui, se définit comme une surface de terrain traitée de manière homogène par des cultures avec leur ordre de succession, et par les itinéraires techniques qui leur sont appliqués (ibid.). Le système de production se réfère à l'organisation de la production au niveau de toute l'exploitation alors que le système de culture est pertinent pour le niveau de la parcelle. Les systèmes de production agricole entretiennent des liens avec l'environnement dans lequel ils sont mis en œuvre.

1.2.2. Environnement

L'environnement désigne tout ce qui nous entoure. Il englobe l'ensemble des ressources naturelles biotiques (faune, flore) et abiotiques (eau, air, sol), leurs interactions réciproques, les aspects caractéristiques du paysage et les biens que compose l'héritage culturel.

Reijntjes *et al.* (1995) ont défini l'environnement comme tous les milieux, incluant l'eau, l'air, le sol et les organismes vivants, ainsi que l'ensemble de leurs interactions. Cette définition se rapproche de l'écologie qui est la science qui étudie les relations entre organismes vivants et avec leurs milieux de vie.

La loi cadre sur l'environnement au Bénin définit l'environnement comme l'ensemble des éléments naturels et artificiels ainsi que les facteurs économiques, sociaux et culturels qui influent sur les êtres vivants et que ceux-ci peuvent modifier. Cette dernière définition à la différence de celle de Reijntjes *et al.* (1995), intègre les dimensions socio-économiques et considère l'homme comme élément à part entière de l'environnement.

L'homme par ses activités de production agricole influence négativement l'environnement. En effet les systèmes de production maraîchère en Afrique tropicale et au Bénin intègrent l'utilisation des intrants chimiques (pesticides chimiques et engrais chimiques). La tendance à l'utilisation des engrais minéraux et à l'abandon des engrais organiques traditionnels comme le fumier a pour conséquence une baisse de la teneur du sol en humus et une dégradation de sa structure. Dans la plupart des cas, les engrais et les nitrates particulièrement sont répandus en grandes quantités dans le but d'avoir les rendements les plus élevés or le rendement n'augmente pas proportionnellement à la quantité de nitrates disponibles, il devient pratiquement constant à partir d'un certain seuil (Dellere et Symoens, 1990). Il y a donc une perte de nitrates parce qu'ils sont entraînés par les eaux de pluie et vont polluer les eaux (Ernst *et al.*, 2000). Les nitrates sont réduits dans l'intestin en nitrites très toxiques. Par ailleurs les nitrites en présence d'amines forment de nitrosamines qui sont de puissants agents cancérogènes. Un excès de nitrates perturbe la physiologie des végétaux qui fleurissent mal et produisent moins de fruits et de graines (Dellere et Symoens, 1990). Il y a donc un intérêt d'optimiser l'usage des engrais chimiques pour minimiser les coûts de production et limiter les impacts sanitaires et environnementaux de l'agriculture.

L'utilisation des pesticides chimiques agricoles a un impact négatif sur l'environnement. Les études émanant de divers groupes de recherche en France depuis les années 80 indiquent la présence de pesticides dans toutes les phases atmosphériques en concentrations variables dans le temps, même des composés interdits comme le lindane sont parfois détectés (Aubertot *et al.*, 2005).

Les eaux superficielles et souterraines dans les zones de production agricole sont souvent polluées par les pesticides. Certaines études en Afrique occidentale se sont penchées sur la recherche des résidus de pesticides dans les eaux (Cissé *et al.*, 2003 ; Traoré *et al.*, 2006). Au Bénin, des résidus de Pesticides ont été détectés dans les eaux et dans des poissons du fleuve Ouémé (Pazou *et al.*, 2006a, 2006b). Adam *et al.* (2010) ont mesuré des teneurs de cyfluthrine et de pyréthrinoides avoisinant 0,200 ppm dans les sédiments et des teneurs d'endosulfan et d'organophosphorés dans les sols avoisinant 0,08 ppm dans la ceinture cotonnière de Gogounou, Kandi et Banikoara.

Les conséquences d'un développement économique qui porte atteinte à l'environnement et à la pérennité de la vie sur terre ont amené les décideurs politiques à penser autrement le développement, d'où le concept de Développement Durable.

1.2.3. Développement Durable

Brundtland (1987) définit le "développement durable" comme un développement qui répond aux besoins du présent sans compromettre la capacité des générations futures à répondre à leurs propres besoins.

La loi cadre sur l'environnement en République de Bénin définit le concept de "développement durable" comme une stratégie qui intègre la dimension environnementale à celui du développement économique en assurant de ce fait la satisfaction des besoins des générations actuelles sans compromettre celle des générations futures.

Le développement durable est la traduction de l'expression anglaise «sustainable development». L'adjectif «sustainable» provient du latin « sustinere » qui signifie se maintenir en existence, en permanence ou à long terme (Rigby et Cáceres, 2001). Il est aussi traduit en français par « soutenable », « acceptable », afin de prendre en compte la dimension éthique et l'inscription dans le temps de cette notion (Srouf, 2006).

L'éthique prend une place importante dans le concept du développement durable, si on considère l'environnement comme un patrimoine à transmettre aux générations futures. Selon le philosophe Hans Jonas, aucune éthique du passé n'est plus à la mesure des irréversibles

menaces de la technique contemporaine. Pour notre civilisation technologique, Jonas propose une éthique de la responsabilité. Nous sommes responsables de l'humanité future. Exprimant cette préoccupation dans son livre « Le Principe Responsabilité (1979) », il recommande que l'action humaine d'aujourd'hui se soucie des générations futures: « Agis de façon que les effets de ton action soient compatibles avec la permanence d'une vie authentiquement humaine sur terre» (Jonas, 1979) ou simplement, « Agis de façon que les effets de ton action ne soient pas destructeurs pour la possibilité future de la vie » (Jonas, 1979).

Pour régler les problèmes d'atteinte à l'environnement, deux grands points de vue commençaient à apparaître: les optimistes (technocrates/économistes) et les écologistes (Srouf, 2006). Les optimistes considèrent que les contraintes au niveau des ressources peuvent être surmontées par un faible coût si une politique (orientée vers le marché) est mise en place, et l'école guidée par le Club de Rome qui a essayé de dramatiser les impacts du développement envers l'environnement (Bhaskar et Glyn, 1995). Selon Srouf (2006), Ces deux points de vue ont conduit à l'élaboration du concept du «développement durable».

Du concept de croissance quantitative, on est passé à celui de développement (qui inclut notamment les composantes sociales et culturelles), puis à celui de développement durable, prenant en compte la gestion et la protection du capital nature (Srouf, 2006). L'évolution des débats sur la durabilité est passée d'une contestation radicale des modèles de développement dominants, au nom d'une conception très « écocentrée » de l'environnement et de sa préservation, et donc très défensive vis-à-vis de l'action de l'Homme, à une position plus « anthropocentrée », reconnaissant la légitimité du développement économique et social et cherchant à concilier les exigences de ce développement avec celles de la protection des ressources et des milieux naturels (Landais, 1998).

Ainsi le développement durable se veut un processus de développement qui concilie l'écologie, l'économie et le social et établit un cercle vertueux entre ces trois dimensions qui doivent être traités ensemble d'une manière intégrale, conceptuellement et dans la pratique (Bryden et Shucksmith, 2000). Si on n'intègre que deux des trois dimensions, le développement est possible mais non durable (Srouf, 2006). D'après Damien Cocard (Kalfoun, 2005), on parle d'un développement viable si on ne prend en compte que l'économie et l'environnement, vivable avec l'environnement et le social et équitable avec l'économie et le social. Le développement durable est considéré comme un outil qui permet de concilier les comportements humains, d'élargir la vision sur le long terme en prenant en compte les générations futures, en partant de l'échelle planétaire pour arriver au niveau du

quartier (Srour, 2006). Le développement durable repose sur trois piliers ou dimensions que sont la durabilité écologique, la durabilité économique et la durabilité sociale (Figure 1).

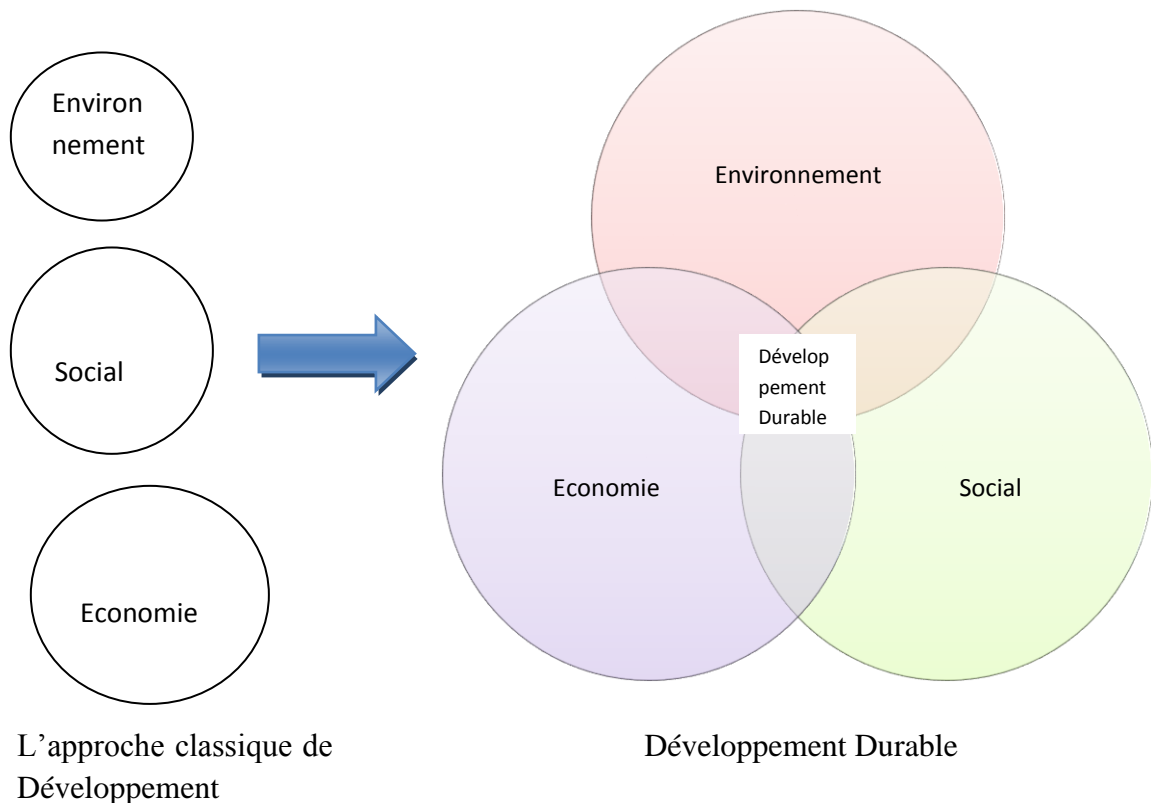


Figure 1 : Concept de Développement Durable

- **Durabilité écologique**

La durabilité écologique met l'accent sur la lutte contre la pollution, la préservation des ressources, les économies d'énergie et la transmission du capital naturel aux générations futures (Biaou, 2005). Sur cette base, ont été élaborés des principes de conduite (durabilité forte, durabilité faible et principe de précaution) ainsi que des règles de gestion (remplacement des ressources détruites, protection des ressources non renouvelables, droits de propriété, développement propre).

- **Durabilité économique**

La durabilité économique s'exprime en termes de croissance auto-entretenu (ibid.). Elle s'appuie sur des principes macroéconomiques d'équilibre budgétaire, équilibre de la balance des paiements, maîtrise de l'inflation) et sur des règles d'investissement (allocations budgétaires et taux d'investissement sectoriels, coefficient de capital, niveau de productivité, ratio consommation/épargne) qui visent essentiellement à optimiser la croissance et à ne pas

engendrer des charges d'endettement excessives qui seront répercutées sur les générations futures.

- Durabilité sociale

Elle conduit à la problématique d'un développement socialement durable qui ne réduit pas la dimension sociale au seul aspect de la pauvreté, mais considère l'ensemble des interactions entre sphères économique, écologique et sociale et leurs effets sur les situations de pauvreté, de vulnérabilité ou d'exclusion (ibid.). Ensuite s'appuyant sur les capacités à réagir des personnes face à de telles situations, elle conduit à rechercher comment combiner de façon optimale ces capacités pour réduire la vulnérabilité, ce qui implique de bien connaître ces capacités et leur structure. Enfin, face aux conséquences pas forcément positives des politiques publiques sur les structures de capacité des personnes et ménages, on peut préconiser l'élaboration des principes de précaution sociale qui ont pour but d'assurer une durabilité sociale au développement. La durabilité sociale demande donc de veiller à ce qu'il y ait une transmission équitable des capacités d'une génération à l'autre.

Pour atteindre les objectifs de développement durable, une approche écosystémique des différents secteurs d'activités humaines est nécessaire.

1.2.4. Approche écosystémique

1.2.4.1. Fondement de l'approche écosystémique

L'approche écosystémique est fondée sur l'application des méthodologies scientifiques adaptées qui sont axées sur des niveaux d'organisation biologique englobant les processus, fonctions et interactions fondamentaux entre les organismes et leur environnement et considère les êtres humains, avec leur diversité culturelle, comme une composante à part entière des écosystèmes. A Nagoya, lors de la Conférence des Nations Unies sur la Diversité Biologique réunie en Sommet mondial (en Octobre 2010) qui était aussi la dixième Conférence des Parties de la Convention sur la Diversité Biologique des Nations Unies (dite CDB signé à Rio en 1992 lors du premier Sommet de la Terre), une « approche écosystémique coordonnée » a été présentée et promue comme un outil transversal et nécessaire pour un développement Durable. Les expositions portaient sur le rôle des aires protégées, les communautés autochtones et locales, l'eau, l'économie des services écosystémiques et de la biodiversité, les changements climatiques, la perte de la biodiversité, la diversification et l'érosion et la dégradation des terres ainsi que le financement des moyens d'action.

Les approches écosystémiques sont appliquées aujourd'hui à plusieurs secteurs d'activités comme l'agriculture (Approche écosystémique de l'agriculture) et la santé (Approche écosystémique de la santé humaine).

1.2.4.2. Approche écosystémique de l'agriculture

L'approche écosystémique en agriculture nécessite l'ajustement de certaines dispositions en matière d'institutions et de gouvernance, de manière à permettre la participation des parties prenantes et à garantir que les décisions concernant les arbitrages soient prises en connaissance de cause, et en toute transparence, objectivité et légitimité (FAO, 2012). Les approches écosystémiques de l'agriculture sont appliquées à des éléments spécifiques du travail de la FAO et plus encore, par le biais de ses activités :

- pour obtenir l'intensification durable de la production agricole grâce à ces approches et à un environnement favorisant et des gains d'efficacité par le biais des services et de la gestion écosystémique.
- dans le cadre du concept « Une seule santé » et dans la gestion des ressources naturelles, y compris des ressources zoogénétiques, en matière de production animale.
- dans le domaine de la pêche en mer et de l'aquaculture, à l'appui des ressources halieutiques ainsi que de l'utilisation et de la production durable.
- s'agissant des forêts en ce qui concerne les aspects techniques, politiques et juridiques appuyant ces approches
- comme une stratégie en vue de concilier la sécurité alimentaire et la conservation des ressources environnementales par des programmes comme les suivants : i) Programme de travail pluriannuel sur la commission des ressources génétiques pour l'alimentation et l'agriculture, ii) gestion durable des terres en vue d'améliorer les biens et les services qui en découlent, iii) Programme multisectoriel d'agriculture biologique qui aide les pays à optimiser les résultats de production, de traitement et de commercialisation, en fonction des ressources biophysiques et socioéconomiques dont ils disposent.

A l'échelle de l'exploitation et de la parcelle, l'application de l'approche écosystémique consiste à optimiser les résultats de production en économisant les ressources biophysiques et financières. Il s'agit d'une gestion intégrée des ressources ou facteurs de production au niveau parcelle et exploitation. Ainsi les déchets post récoltes (feuilles de plants) peuvent servir à fabriquer du compost, ce qui augmentera le niveau d'autonomie de l'exploitation et réduira

l'usage des engrais chimiques et donc les coûts de production. Les déchets organiques ménagers et déjections animales peuvent aussi être recyclés et entrer dans le système de production. Ces pratiques économes en engrais chimiques réduisent les risques de pollution chimique des eaux de surface et eaux souterraines par les nitrates et phosphates.

Dans les approches écosystémiques au niveau de la parcelle et de l'exploitation, la pratique de la rotation culturale raisonnée est un élément important. Cette pratique permet de rompre les cycles de développement des ravageurs et maladies sur la même parcelle. Les associations culturales sur même planche ou parcelle de culture maraîchère a non seulement un rôle d'augmentation du revenu, mais aussi de lutter contre les ravageurs et maladies. La construction de haies autour de l'exploitation permet de limiter le risque d'invasion par les acariens qui sont transportés par l'air. L'utilisation des extraits de plantes pesticides présente un risque proche de zéro pour la santé des producteurs et consommateurs. Ces stratégies de gestion de l'exploitation sont économes en utilisation de pesticides chimiques qui présentent un risque potentiel pour la santé des producteurs, des consommateurs et pour la biodiversité. En matière d'irrigation, l'usage des systèmes de pompage solaire d'eau de forage sont économes en main d'œuvre et en énergies fossiles qui sont à l'origine de l'effet de serre au niveau de la terre. Ce système d'irrigation réduit aussi la création des gîtes larvaires qui est souvent observée au niveau des sites de production maraîchère au Bénin.

1.2.4.3. Approche écosystémique de la santé humaine (EcoSanté)

Selon l'OMS (1946), la santé est un état de complet bien-être physique, mental et social, et ne consiste pas seulement en une absence de maladie ou d'infirmité. Elle implique que tous les besoins fondamentaux de la personne soient satisfaits, qu'ils soient affectifs, sanitaires, nutritionnels sociaux ou culturels et du stade de l'embryon, voire des gamètes à celui de la personne âgée.

Quant à René Dubos, il définit la santé comme un état physique et mental relativement exempt de gênes et de souffrances qui permet à l'individu de fonctionner aussi longtemps que possible dans le milieu où le hasard ou le choix l'ont placé (Dubos, 1966).

L'approche écosystémique de la santé humaine est une approche dans laquelle s'intègre la médecine sociale et qui touche les impacts des activités humaines ou des transformations naturelles de l'environnement sur leur écosystème et les répercussions qui s'ensuivent sur leur santé. L'enjeu dans lequel s'inscrit l'approche EcoSanté n'est rien de

moins que la place de l'humain dans son environnement (Lebel, 2003). C'est dans le Plan d'Action 21 adopté à la Conférence des Nations Unies sur l'Environnement et le Développement de Rio en 1992 que le lien étroit entre la santé et l'environnement a été reconnu. Ce plan consacre un chapitre à la promotion et la protection de la santé. Si les hommes ne sont pas en bonne santé, il ne peut y avoir un développement durable. Il met en évidence des liens entre la pauvreté et sous-développement. C'est au sommet mondial de Johannesburg en 2002, que l'accent est mis sur les aspects sociaux et économiques du développement durable. La santé était l'une des cinq priorités de ce sommet. L'Organisation Mondiale de la Santé (OMS) a pris la responsabilité d'un plan d'action sur la santé et l'environnement. Le plan d'action traite de plusieurs questions en confluence avec la santé, de l'environnement et du développement, dont la contamination de l'eau, de la pollution de l'air et la gestion des produits toxiques. Le programme Ecosystème et Santé humaine du Centre de Recherche pour le Développement International du Canada (CRDI) participe à cette évolution vers une participation accrue des liens entre la santé et l'environnement. Ce centre a mis au point l'approche EcoSanté. Pour Lebel (2003) dans le document « Santé, une approche écosystémique », la santé reposait sur une approche biomédicale et se basait sur les méthodes de diagnostic et de traitement des pathologies spécifiques : un pathogène = une maladie. Cette approche ne tient pas suffisamment compte des liens entre maladies et les facteurs socioéconomiques comme la pauvreté et la malnutrition et encore moins les liens entre la maladie et l'environnement dans lequel le malade évolue. Quant à l'influence des facteurs culturels sur les comportements à risque et la vulnérabilité particulière de certains groupes, le monde de la santé ne s'en souciait que très peu. Les facteurs environnementaux affectent dramatiquement la santé de nombreuses populations dans le monde. Beaucoup de maladies liées à l'environnement telles que le paludisme et la bilharziose tuent les enfants en Afrique tropicale. Les méthodes traditionnelles de contrôle des maladies avaient échoué à améliorer les conditions sanitaires, la santé et le bien-être des populations des pays tropicaux. En dehors des maladies à vecteurs, d'autres maladies sont liées à la pollution chimique découlant l'exposition des travailleurs en milieu de travail aux produits toxiques ou des populations aux effluents toxiques ou aux smogs des industries. Tous ces liens entre la santé, l'environnement et la socioéconomie nécessitent donc l'intégration de tous ces secteurs dans une approche globale d'où l'approche EcoSanté (Figure 2).

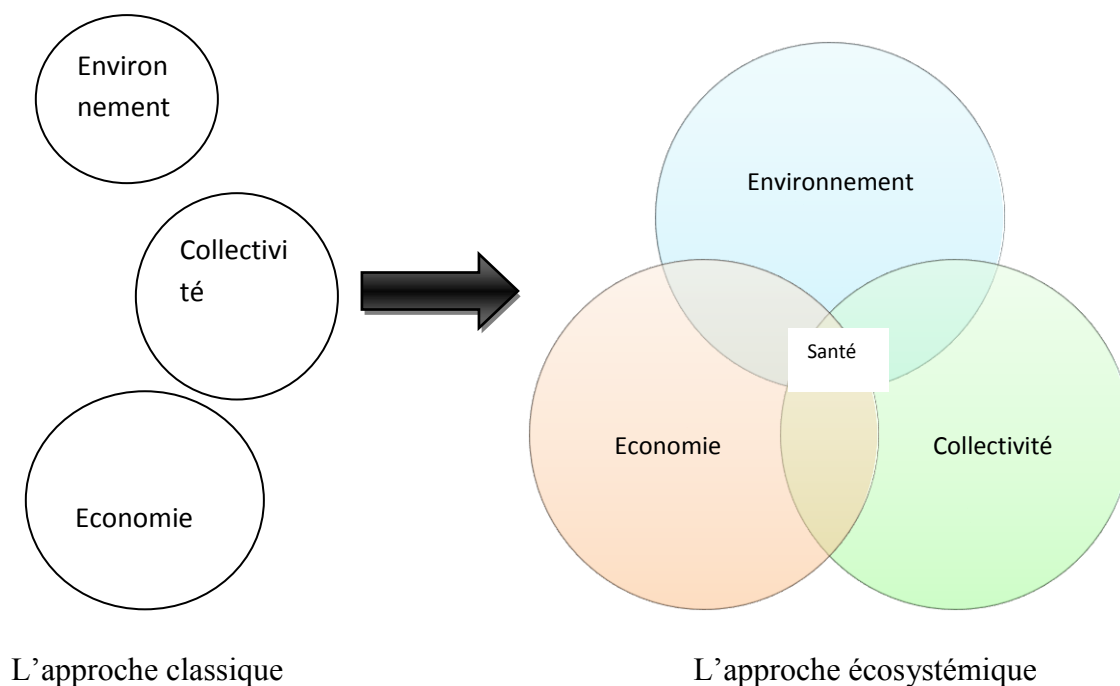


Figure 2 : Approche écosystémique de la santé humaine (Lebel, 2003)

L'activité de production maraîchère est une activité économique qui présente des risques élevés pour la santé humaine et l'environnement du fait de l'utilisation des pesticides et engrais chimiques. Les résidus de pesticides peuvent se retrouver dans les légumes produits. La présence de résidus de pesticides dans les légumes produits présente des risques pour la santé des consommateurs. L'exposition aux pesticides peut avoir des effets aigus ou chroniques sur la santé. Les effets aigus neurotoxiques des pesticides sont bien connus. La plupart des pesticides, notamment les organochlorés, les carbamates, les fumigants peuvent être toxiques pour le système nerveux en cas d'expositions accidentelles ou volontaires à fortes doses. Les pesticides peuvent entraîner des irritations oculaires ou cutanées.

Chez l'homme, l'exposition chronique aux pesticides a été associée à un grand nombre d'affections. Les effets chroniques les plus étudiés peuvent être classés en quatre grandes catégories : les cancers (leucémies, lymphomes), les effets sur la reproduction, les effets perturbateurs endocriniens, les effets neurotoxiques.

Certains cancers sont de plus en plus fréquents dans les populations d'agriculteurs. Il s'agit des cancers des tissus hématopoïétiques (leucémies, myélomes, lymphomes), des tissus conjonctifs des lèvres, de l'estomac, du cerveau (Baldi *et al.*, 1998 ; CPP, 2002). Les

pesticides figurent dans les xénobiotiques suspectés d'induire des effets sur l'appareil reproducteur. Les principales substances pour lesquelles les effets reprotoxiques ont été rapportés sont le bêta-HCH, le carbaryl, le chlordane, le dicofol, la dieldrine, le DDT et ses métabolites, l'endosulfan, l'heptachlore et ses époxydes, le lindane, le méthomyl, le méthoxychlore, le mirex, l'oxychlordane, le parathion, les pyréthrinoides de synthèse, le toxaphène et le trans-nonachlore (Kaltenecker Retto de Queiroz et Waissmann, 2006). Une étude de cohorte réalisée par Baldi *et al.* (2003) auprès de 1507 personnes âgées de 65 ans et plus met en évidence une altération des performances cognitives chez les sujets professionnellement exposés aux pesticides. Elle trouve également un risque augmenté de développer la maladie de Parkinson et la maladie d'Alzheimer chez ces sujets. Après prise en compte des facteurs de confusion, le risque relatif de développer une maladie de Parkinson ou d'Alzheimer chez les hommes était respectivement de (OR=5,63 ; IC 95% :1,47-21,58) et de (OR=2,39 ; IC 95% :1,02-5,63).

Les études épidémiologiques relatives à l'immunotoxicité des pesticides se sont intéressées aux professionnels exposés lors de la fabrication ou l'application de ces produits. Chez les sujets exposés au chlorpyrifos, Thrasher *et al.* (1993) trouvent une augmentation de certains types de lymphocytes et d'auto-anticorps par rapport à des sujets témoins. Voccia *et al.* (1999) rapportent également une augmentation de l'incidence des infections respiratoires chroniques et des inflammations cutanées. Ces derniers sont associées à une augmentation des immunoglobulines M (IgM) chez les sujets exposés professionnellement au pentachlorophénol (PCP) et à une augmentation significative de la prévalence d'infections récurrentes du tractus respiratoire supérieur chez les travailleurs exposés aux organophosphorés.

Une approche EcoSanté du maraîchage contribuera à l'amélioration de la santé des producteurs, des consommateurs et de l'écosystème. Il s'agira dans cette thèse de déterminer le niveau de contamination des légumes et de l'environnement, de mesurer les niveaux de risques et impacts sur la santé humaine et l'environnement de l'activité et aussi d'identifier les pratiques et les facteurs socioéconomiques déterminants sur lesquels des actions pourraient être portées pour améliorer la santé de la population. Ces actions feront parties intégrantes d'un système de production maraîchère durable.

1.2.5. Agriculture durable : Concept de durabilité en agriculture

Depuis l'antiquité, l'humanité a toujours été consciente des impacts des activités agricoles sur l'environnement. Le développement de l'agriculture moderne a engendré des incertitudes en ce qui concerne la viabilité à long terme des systèmes de production actuels, par ses impacts négatifs (Marsh, 1997; Ambroise *et al.*, 1998 ; Srouf, 2006), d'où la nécessité mondiale d'intégrer le concept de durabilité dans l'agriculture.

L'agriculture durable se situe au centre d'un nouveau contrat social entre l'agriculture et la société (Landais, 1998) et il existe en fait plusieurs définitions de cette agriculture. Cependant, ni le concept ni le but de durabilité ne sont communs aux scientifiques, techniciens, économistes et politiciens (Srouf, 2006). Rigby et Cáceres (2001) rapportaient qu'au moins 365 définitions de la durabilité existent dans la littérature. De nos jours, le terme de durabilité se réfère à une relation équilibrée entre les dimensions environnemental, socioculturel et économique; ceci signifie que, pour qu'un système soit durable, il doit être techniquement faisable, écologiquement sain et économiquement viable. D'après Berry (1987), une agriculture durable ne doit dégrader ni l'homme, ni la terre. Selon Harwood, (1990) l'agriculture durable est une agriculture capable d'évoluer indéfiniment vers une plus grande utilité pour l'Homme, vers une meilleure efficacité de l'emploi des ressources et vers un équilibre avec le milieu qui soit bénéfique à la fois pour l'homme et pour la plupart des autres espèces. Francis *et al.* (1990) la définit comme une agriculture écologiquement saine, économiquement viable, socialement juste et humaine. Pour Ikerd (1993), l'agriculture durable est une agriculture « capable de maintenir sa productivité et être utile pour la société pour une longue durée. Elle doit être écologiquement saine, conservant les ressources, économiquement viable, socialement juste et commercialement compétitive ». Hansen et Jones (1996), la définit comme étant la capacité des systèmes de production à perdurer dans le futur. Vilain *et al.* (2008) définissent l'agriculture durable comme une agriculture écologiquement saine, socialement équitable, économiquement viable et transmissible. En définissant l'agriculture durable, certains auteurs focalisent le plus sur la préservation de la nature, d'autres la vie humaine à long terme. Dans toutes définitions de l'agriculture durable, il y a l'aspect multidimensionnel qui est généralement précisé. Ces caractéristiques multidimensionnelles comprennent les aspects économiques, environnementaux et sociaux (Shaller, 1993).

Pour être économiquement efficiente, l'agriculture doit répondre à l'augmentation de la demande alimentaire mondiale au meilleur coût, tout en réagissant à l'évolution des préférences alimentaires et aux changements structurels au sein du secteur agroalimentaire et

de l'économie en général (Srouf, 2006). Parallèlement, les agriculteurs doivent améliorer leurs performances environnementales pour répondre à la demande du public. Ils doivent réduire les pollutions d'origine agricole, protéger la base des ressources naturelles et générer des avantages ou bénéfices environnementaux. Enfin, ces objectifs doivent être atteints par des moyens socialement acceptables, c'est-à-dire en améliorant les niveaux d'instruction et de compétence des exploitants, en tenant compte du bien-être des animaux et en veillant à ce que le travail de la terre assure un niveau de revenus acceptable.

L'application du concept de durabilité au système agricole en général, et à la production maraîchère en particulier, conduit à la recherche d'indicateurs de durabilité intégrés dans une méthode qui prenne en compte les différentes dimensions développées antérieurement (dimensions écologique, sociale et économique).

1.2.6. Différentes méthodes d'évaluation de la durabilité au niveau de l'exploitation

Les scientifiques se sont aujourd'hui engagées dans la voie de la définition d'indicateurs du développement durable, afin de mesurer les efforts réalisés et d'aider à la définition des politiques futures de la durabilité (Srouf, 2006). Ainsi le Chapitre 40 de l'Agenda 21 indique la nécessité que « les indicateurs du développement durable doivent être développés afin de fournir une base solide aux décideurs à tous les niveaux » (Capello et Nijkamp, 2002).

L'agriculture durable se préoccupe de la capacité des agro-écosystèmes à demeurer productifs dans le long terme (Hayo *et al.*, 2002). Le choix de la méthode et des variables qui la constituent est l'étape la plus importante de tout le processus d'évaluation. A ce niveau on définit avec précision ce qui doit être évalué, dans quel but, avec quels moyens et sur la base de quelles données. En principe, il existe trois approches différentes pour la construction d'une méthode d'évaluation de la durabilité: i)- la méthode basée sur la modélisation qui permet de calculer une variable à partir d'estimation à l'aide d'un modèle; c'est une sorte de déduction analytique des résultats à partir de l'examen des fonctions, des processus et des structures des systèmes; ii)- la méthode quantitative ou semi-quantitative qui est basée sur le calcul direct ou indirect des différentes variables; ces dernières de type qualitatif et quantitatif seront groupées dans des indicateurs auxquels on attribue un certain score qui reflète leur degré de durabilité; et iii)- la méthode qualitative qui permet d'analyser des données qui ne sont pas chiffrées mais qui sont disponibles sous forme de textes. Il est à noter que certaines méthodes utilisent deux approches dans leur conception d'où le terme de semi-quantitative.

Une grande variété de méthodes a été développée pour évaluer l'agriculture durable, la plupart étant basées sur l'évaluation des aspects environnementaux ou environnementaux et économiques. Seul un petit nombre inclut l'aspect social dans l'approche conceptuelle (Rossing *et al.*, 1997; Vilain, 2003; Häni *et al.*, 2003). Nous allons présenter les méthodes à dimensions environnementale, sociale et économique.

1.2.6.1. Méthodes d'approche modélisation

I. Méthode PMO (Paramètres Multi-Objectifs)

L'objectif de la méthode proposée par Vereijken (1997) est la conception de systèmes de production intégrés et biologiques en grandes cultures. Cette méthode vise à transformer les 10 objectifs spécifiques majeurs (le sol, l'eau, l'air, la flore, le paysage, le profit au niveau régional et à la ferme, la qualité et la quantité des aliments, le bien-être humain), fixés au regard des problèmes causés par le système de production en place dans la région concernée, en des paramètres multi-objectifs afin de pouvoir quantifier ces objectifs. Des prototypes de systèmes durables sont testés dans des stations de recherche ou des fermes pilotes et améliorés de façon itérative jusqu'à ce que les objectifs soient atteints. La méthode est appliquée dans un réseau de recherche européen.

II. Méthode VDO (Vers une Durabilité Opérationnelle)

L'objectif de la méthode proposée par Rossing *et al.* (1997) est la conception de systèmes de production de bulbes à fleur respectueux de l'environnement aux Pays-Bas. La méthode prend en compte plusieurs composantes subjectives, deux objectifs environnementaux (gestion des intrants pesticides et azote), un objectif économique (marge brute) et plusieurs contraintes socio-économiques (superficie de la ferme, main d'œuvre, la possibilité de louer des terrains en cas d'excès de main d'œuvre et le seuil minimal d'atteinte de l'objectif environnemental). Les objectifs sont définis en concertation avec des producteurs et des écologistes. La programmation linéaire interactive à objectifs multiples est utilisée pour optimiser les systèmes au niveau de la ferme.

1.2.6.2. Méthodes d'approche quantitative

I. La méthode IDEA (Indicateur de Durabilité des Exploitations Agricoles)

Elle permet d'évaluer la durabilité d'une exploitation à un instant donné en s'appuyant sur ses caractéristiques environnementales, sociales et économiques. Ces informations sont ensuite pondérées et associées (selon des règles précises) pour aboutir à la définition d'une note de durabilité (Vilain *et al.*, 2003). Cette note dévoile les forces et les faiblesses d'une

exploitation et peut orienter l'agriculteur vers des voies de progrès. Elle permet également des comparaisons intéressantes et des échanges riches entre agriculteurs au niveau national ou au sein d'une région et reste l'une des méthodes à intégrer les trois volets de la durabilité. Née en 1998, à l'initiative de la cellule agriculture durable de la DGER (Direction Générale de l'Enseignement et de la Recherche du ministère de l'Agriculture) de la France, cette démarche faisait suite à la conférence de Rio qui, en validant en 1992 le concept de développement durable, recommandait aux chercheurs la mise au point d'indicateurs de durabilité. La construction de la méthode IDEA (Vilain *et al.*, 2008) repose sur des objectifs clairement identifiés à savoir:

- La cohérence (COH): C'est un système de valeur qui imprègne l'agriculture durable. Il existe une cohérence globale et transversale relevant à la fois de l'agriculteur dans sa fonction d'agronome et de chef d'entreprise (cohérence technique), mais aussi de sa personne en tant qu'acteur du monde rural et citoyen (cohérence citoyenne). La cohérence technique désigne un ensemble de pratiques agricoles, qui articulées ensemble, se renforcent et produisent des effets supérieurs à la somme des effets individuels. La cohérence citoyenne désigne l'ensemble des comportements socioéconomiques qui renforcent le développement agricole et rural durable.
- L'autonomie (AUT): Elle traduit l'aptitude de l'exploitation à s'autosuffire vis-à-vis de ses principaux facteurs de production et, d'autre part, sa capacité à contribuer également à la durabilité du territoire auquel elle appartient. L'autonomie autocentrée sur l'exploitation s'appréhende comme la capacité de l'exploitation à pouvoir produire dans le futur en étant capable de s'adapter aux évolutions majeurs climatiques, politiques et économiques. L'autonomie territoriale quant à elle, appréhende l'ancrage territorial de l'exploitation agricole et qui autorise une valorisation locale des ressources et des produits. L'autonomie est la clé de voûte des systèmes agricoles durables.
- La protection et la gestion de la biodiversité (BIO) : La diversité biologique est essentielle sous toutes ses formes au maintien à long terme du potentiel alimentaire de la planète. C'est un objectif majeur des systèmes agricoles durables. Dans les systèmes agricoles, on distingue la biodiversité domestique, constituée des races et variétés impliquées directement dans le processus de production et la biodiversité sauvage ou spontanée, constituées des espèces colonisant les espaces marginaux (haies, talus, bosquets, mares...).

- La protection et la gestion des paysages : Cet objectif n'a pas été jusqu'à aujourd'hui un objectif explicite de l'agriculture. La qualité du paysage est une ressource économique indirecte pour de nombreux acteurs, y compris les agriculteurs qui valorisent par l'accueil et le tourisme un patrimoine collectif.
- La protection des sols (SOL) : le sol est une ressource naturelle non renouvelable à l'échelle temporelle humaine. L'érosion est une perte irrémédiable qui amenuise dramatiquement le potentiel alimentaire des générations futures.
- La protection et la gestion de l'eau (H₂O) : L'eau est une ressource naturelle renouvelable en sorte que sa gestion repose sur la bonne adéquation entre les prélèvements et son taux de reconstitution. Le taux de prélèvement des rivières doit se limiter à une valeur qui permette le fonctionnement auto-épuratif et autoreproductible de l'écosystème aquatique. La qualité de l'eau est également un atout majeur. Produire sans polluer ou avec des risques de pollution minimum est ainsi une condition fondamentale de l'agriculture durable.
- La protection de l'atmosphère (AIR) : Protéger la qualité de l'air peut sembler un objectif étonnant de la part d'une activité connue pour son impact sur l'eau et les sols. La mise en suspension des travaux de sols de microparticules de terres chargées de pesticides, la volatilisation des pesticides, la volatilisation ammoniacale ainsi que les nuisances olfactives accompagnant l'épandage de lisiers peuvent contribuer à la destruction de cette ressource naturelle. La consommation énergétique quelquefois très importante de certains systèmes techniques est également responsable d'une fraction non négligeable de l'émission globale de gaz à effet de serre.
- La gestion économe des ressources non renouvelables (RNR) : Cet objectif désigne un souci de gestion rationnelle et prudente des ressources naturelles à l'échelle de la planète. Intégrant la question du long terme, il favorise la préservation du capital naturel des générations futures.
- Le bien-être animal (BIE) : Il est implicite dans toutes les pratiques d'élevage. Il relève aussi bien des considérations éthiques que zootechniques.
- La qualité des produits (QLP) : Produire des aliments de qualité est un objectif à l'interface entre des préoccupations de nature agronomique ou zootechnique et des préoccupations de nature sociale ou territoriale. C'est l'aboutissement logique d'une démarche agronomique sous-tendue par des valeurs éthiques de telle sorte que la

fonction nourricière de l'agriculture n'impose aucun risque pour la santé des consommateurs.

- L'éthique (ETH) : Elle désigne un ensemble de principes de vie et de comportements qui caractérisent un certain niveau de civilisation. Elle induit une responsabilisation vis-à-vis des pratiques qui sont considérées pour leurs effets locaux, lointains, immédiats ou à long terme. Sans éthique dans la fonction de production, il n'y a pas d'agriculture durable.
- Le développement humain (DVH) : Les indicateurs poursuivant cet objectif visent l'épanouissement et la réalisation personnelle dans le métier d'agriculteur. Ils participent de façon importante la reproductibilité et la transmissibilité de l'agriculture.
- Le développement local (DVL) : Les agriculteurs peuvent contribuer au développement local et à l'animation rurale par leur implication sociale.
- La qualité de vie (QLV) : C'est la résultante complexe entre sphères privée, sociale et économique. L'amélioration de la qualité de vie est l'objectif central du développement durable à l'échelle individuelle comme à l'échelle collective. Une gestion technique écologiquement saine et économiquement viable mais qui conduirait à une détérioration de la qualité de vie de l'agriculteur et de sa famille passerait ainsi à côté d'un aspect essentiel du développement durable.
- La citoyenneté (CIT) : la citoyenneté et l'écocitoyenneté se traduisent par une certaine pertinence sociale, une implication collective et solidaire et le non-gaspillage du travail social. C'est une dimension caractéristique de l'agriculture durable.
- L'adaptabilité (ADA) : Les systèmes agricoles durables ne sont pas figés dans une combinaison technique immuable parce que le contexte économique et social est susceptible d'évolution rapide. C'est une condition importante de la durabilité économique.
- L'emploi (EMP) : Cet objectif vise une demande essentielle de la société de nos jours.

Dans la pratique, IDEA est une méthode basée sur l'évaluation de scores qui établit une performance globale de l'exploitation agricole, à partir de 41 indicateurs. Elle part de l'hypothèse qu'il est possible de quantifier les diverses caractéristiques des systèmes agricoles en leur attribuant une note chiffrée, puis d'agréger les informations obtenues pour obtenir un « score » ou performance globale. L'agrégation repose sur l'attribution d'une note, comprise

entre 0 et 100, à chacune des trois échelles suivantes: i)- durabilité agro-écologique, qui analyse la capacité d'un système à combiner les ressources du milieu (ressources génétiques, sol, énergie...); ii)- durabilité socio-territoriale, qui mesure l'insertion de l'exploitation dans son territoire et dans la société; et iii)- durabilité économique, qui aide à comprendre les résultats économiques au delà du court terme et des aléas conjoncturels.

Il est important de noter que, pour atteindre le nombre maximum de points de chaque composante, plusieurs combinaisons sont possibles. En effet, si certains principes sont communs aux systèmes agricoles durables, il n'existe pas de modèle unique ni de chemin unique vers la durabilité. Certains indicateurs peuvent donc se compenser: des rotations plus longues incluant des légumineuses peuvent pallier l'absence d'animaux d'élevage (et donc l'absence d'une source permanente de matière organique). L'un des intérêts majeurs de cette méthode est sa grande lisibilité pour l'agriculteur. C'est un outil pédagogique pour expliquer et mesurer la durabilité. Elle repose sur des indicateurs facilement renseignés, reflétant des notions plus complexes. Le temps à consacrer à la méthode pour aboutir, à un instant donné, à la note de durabilité d'une exploitation ne dépasse pas une journée. Elle s'intéresse au système technico-économique dans ses fonctions productives ainsi qu'à son insertion dans le territoire. Elle a pour objectif d'orienter l'agriculteur vers des voies de progrès. Réalisée au niveau régional ou national, la méthode permet d'identifier les atouts et les faiblesses de chaque groupe d'agriculteurs. Elle permet d'analyser les écarts de résultats entre deux systèmes et de profiter ainsi des expériences des autres membres du groupe. Cette méthode permet une réflexion assez précise des différentes situations et de gestion de la ferme et son diagnostic sur un groupe de fermiers de la même région s'avère fortement profitable (Zahm *et al.*, 2006).

La méthode IDEA a été testée en France sur: des systèmes de production hors-sol et élevages intensifs (Frappas, 1999), des exploitations de vigne et d'arbres fruitiers (Peigné, 1999) et des systèmes de montagne, d'élevages allaitants, de polyculture élevage et de culture (Moreau, 1999). Ces tests ont permis la modification de la première version IDEA et la mise au point de la version IDEA 2003 (Vilain, 2003). Zahm *et al.* (2006) considère que l'IDEA est un outil qui peut aider les agriculteurs à progresser vers la durabilité de leur ferme. Il est également approprié pour évaluer et comparer la durabilité de plusieurs systèmes de production d'un territoire, donne une analyse globale de ces systèmes de production et peut surveiller les règlements de développement rural et agro-environnemental. C'est un outil d'analyse utile aux scientifiques et décideurs pour comparer la durabilité de différents systèmes de production comme par exemple l'agriculture conventionnelle et organique

(Viaux, 2003). Srour (2006) a adapté cet indicateur aux conditions d'élevage au Liban pour évaluer la durabilité des exploitations laitières.

II. La méthode **RISE** (**R**esponse-**I**nducing **S**ustainability **E**valuation).

Développée en Suisse par Häni *et al.* (2003), cette méthode couvre un ensemble d'aspects écologiques, économiques et sociaux. Elle permet au chef de l'exploitation de reconnaître les forces et les faiblesses de son exploitation et de prendre des mesures adéquates (response-inducing).

Cette méthode est basée sur le modèle **PSR** (Pressure-State-Response) ou PressionÉtat Réponse proposé en 1993 par l'OCDE (Organisation de Coopération et de Développement Economiques). Elle permet l'élaboration de 12 indicateurs des facteurs énergie, eau, sol, biodiversité, potentiel d'émission, protection des plantes, déchets et résidus, cash flow, revenu de l'exploitation, investissements, économie locale, situation sociale. Pour chaque indicateur sont évalués la force de motion FM (driving force) et l'état ET (state) par la mesure directe d'un certain nombre de paramètres. L'indicateur ET indique la situation actuelle de l'indicateur spécifique et l'indicateur FM mesure la pression estimée du système de production sur l'indicateur (dans ce cas la valeur la plus faible est la meilleure). ET et FM ont un score entre 0 et 100, le meilleur indicateur doit être identifié par un ET=100 et un FM=0, cependant tout important changement doit prendre en considération la combinaison d'un faible ET et d'un fort FM. A partir de FM et ET, il est possible de calculer le « degré de durabilité » ou (DD), qui se définit comme $DD = (ET - FM)$. Les résultats sont représentés dans un polygone de durabilité. De plus, les forces et faiblesses de chaque exploitation sont déterminées pour: 1- La stabilité des aspects écologique, économique et social. 2- la conscience de risque du fermier et les mesures de risque de gestion. 3- l'énergie grise (machines, bâtiments et les intrants extérieurs). Et 4- la santé et le bien-être animal.

1.2.6.3. Méthode d'approche qualitative (une seule méthode)

La méthode **Arbre** (l'arbre de l'exploitation agricole durable)

L'arbre de l'exploitation agricole durable est issu de la collaboration entre les groupes de développement agricole, Trame et la recherche agronomique. C'est la méthode la plus rustique et la plus simplifiée avec un objectif: construire, en groupe, des projets d'exploitations agricoles durables. C'est un diagnostic global basé sur les quatre piliers de l'agriculture durable: la viabilité (l'exploitation doit être économiquement efficace), la

reproductibilité écologique (l'exploitation doit pouvoir être reproduite à long terme au même endroit, ce qui implique qu'elle n'épuise pas ses propres ressources et celles du territoire), la transmissibilité (à une génération suivante aussi bien du point de vue économique que du point de vue de la qualité de vie sur l'exploitation) et la vivabilité (l'exploitation doit assurer une qualité de vie correcte à l'agriculteur et sa famille, tant sur le lieu de travail lui-même que sur le territoire). Il a l'avantage d'être qualitatif: c'est un outil de pilotage et non de contrôle (Pervanchon, 2005). Il est basé sur 60 questions quantitatives qui correspondent aux dimensions de développement durable: économie, transmissibilité du capital et des connaissances, les aspects sociaux et environnementaux.

Etant donné que l'approche écosystémique est un outil transversal, une stratégie de gestion intégrée des terres, eaux, ressources naturelles, animaux, végétaux qui favorise leur utilisation et conservation durable et de manière équitable et qui met l'homme au centre des préoccupations, une analyse de la durabilité de la production maraîchère par une approche écosystémique ne saurait être faite sans une analyse financière/économique et une analyse des efficacités économiques puisque toute activité humaine ne peut perdurer si elle n'est pas rentable financièrement ou économiquement ou si elle n'optimise pas l'utilisation de ses ressources (intrants et facteurs de production que sont terre, main-d'œuvre et capital). Une sur-utilisation des intrants chimiques en agriculture implique des risques pour la santé humaine et l'environnement et une perte de profit pour le producteur. De même une mauvaise allocation des ressources financières (mauvaise information du marché lors de l'approvisionnement en intrants) conduira à une perte de profit. La section suivante va définir les notions de rentabilité, productivité et efficacité en production agricole et présenter les méthodes d'analyses.

1.2.7. Analyse de rentabilité, de productivité et des efficacités en production agricole

Pour être compétitive et perdurer, une exploitation agricole doit avant tout être viable économiquement, c'est-à-dire rentable financièrement et économiquement. Pour cela, elle doit utiliser ses ressources de façon efficiente et aussi maîtriser le marché pour lequel elle produit pour maximiser son profit.

1.2.7.1. Le concept d'analyse de la rentabilité.

Pour survivre de façon durable, une entreprise doit optimiser ses facteurs de production et en tirer des excédents et des avantages (Fanou, 2008). La rentabilité est la première condition nécessaire, mais non suffisante de sa survie. La notion de rentabilité paraît en première analyse très simple : le capital génère un profit, et donc le rapport entre le capital et le profit se traduit par un taux de rentabilité. Elle traduit donc le rapport entre le revenu obtenu ou prévu et les ressources employées pour l'obtenir. La notion s'applique notamment aux entreprises mais aussi à tout autre investissement. La rentabilité représente alors l'évaluation de la performance de ressources investies par des investisseurs.

L'évaluation de la performance d'une entreprise ou exploitation peut être approchée à deux niveaux d'observation: celui de l'exploitation agricole et celui de la collectivité. Du point de vue du paysan individuel ou de l'exploitation agricole, l'analyse de la rentabilité faite est souvent de nature financière. L'analyse financière utilise les prix directement payés ou reçus par le producteur. Cette analyse permet de déterminer le profit réel du paysan en vue d'apprécier la compétitivité de son activité.

La rentabilité financière est la capacité d'un capital à procurer des revenus soit par placement ou soit par investissement. Elle peut être analysée dans une logique purement financière mesurable par le ratio résultat net/capitaux propres ou dans une logique économique mesurable par le ratio excédent brut/actif économique ou encore dans une logique commerciale (rentabilité de l'exploitation) mesurable par le ratio résultat d'exploitation/chiffre d'affaire hors taxe. En ce qui concerne la collectivité, l'analyse de la rentabilité est essentiellement économique. Elle utilise des prix et des coûts qui reflètent les valeurs réelles des ressources utilisées. Elle illustre une situation idéale de l'économie internationale où tout fonctionne normalement. Contrairement à l'analyse financière, l'analyse économique prend en compte les prix de parité ou prix de référence des ressources employées. Pour faire l'analyse économique, les prix des intrants et des produits sont corrigés des distorsions introduites dans l'économie par les politiques gouvernementales (subvention sur intrants, taxation, taux de change, crédit intrant) et le mauvais fonctionnement des marchés (pratiques monopolistiques).

1.2.7.2. Rentabilité des cultures maraîchères

Certaines études au sud-Bénin ont porté sur l'évaluation de la rentabilité des légumes. Les spéculations les plus rentables ont été la tomate et le piment (Singbo *et al.*, 2004). Coste *et al.*, (2004) se sont appuyés sur une analyse de la compétitivité prix, des coûts de revient (coûts de production et coûts de commercialisation) des filières tomate et pomme de terre au Bénin, au Niger et au Nigéria. L'étude a montré que les coûts de production de tomate augmentent fortement au Bénin en contre-saison. Dans le bassin de Lalo, la technique d'arrosage avec de l'eau achetée à l'ex-Société Béninoise d'Electricité et d'Eau (SBEE) est très coûteuse ; à Natitingou, l'augmentation des coûts provient de la faiblesse des rendements de cette période, due à l'absence d'un système performant d'irrigation ; à Guéné, la culture de contre-saison implique l'utilisation de la motopompe qui représente alors 75% du coût de production et le fait augmenter de plus de 60% par rapport à la saison pluviale. En saison des pluies, le prix de revient de la tomate béninoise est plus bas que ceux des produits provenant des bassins concurrents. Pour ce qui est de la pomme de terre, celles en provenance du Nigéria sont plus compétitives que celles originaires du Bénin (Fanou, 2008).

La Matrice d'Analyse de Politique (MAP) a été utilisée par l'IITA (2002) pour déterminer la compétitivité des systèmes de production de la tomate et du chou au Bénin et au Ghana. Les résultats obtenus montrent que le système de production de chou le plus rentable au Bénin est celui qui utilise la motopompe pour l'irrigation et assure les traitements phytosanitaires par un biopesticide (Dipel ou biotit). Au Bénin, la tomate produite dans un système utilisant les pesticides chimiques et les engrais est la plus rentable ; mais ses coûts sont aussi les plus élevés (Fanou, 2008). Dans le cas de cette thèse, c'est l'analyse financière qui intéresse.

1.2.7.3. Analyse de la productivité des exploitations agricoles

La production d'une entreprise, d'une exploitation agricole est exprimée par la fonction de production qui donne la quantité de l'output qui peut être obtenue par une combinaison des facteurs. Autrement dit, cette fonction caractérise l'ensemble des relations entre les quantités produites et les quantités de facteurs utilisés avec les techniques possibles (Brossier, 2007).

La variation de la production lorsqu'on augmente l'utilisation d'un facteur de production d'une unité en maintenant inchangé les autres facteurs de production constitue la

productivité marginale de ce facteur. Elle diminue lorsqu'on augmente l'utilisation du facteur, les quantités utilisées des autres facteurs étant maintenues à l'identique. Cette constatation est générale et qualifiée par les marginalistes de « loi des rendements marginaux décroissants » (Kane, 2010).

La production d'une exploitation agricole est exprimée par la fonction de production qui donne la quantité de l'output qui peut être obtenue par une combinaison des facteurs (travail, capital et terre). La fonction de production caractérise l'ensemble des contraintes (contraintes imposées par les ressources limitées en facteurs de production et par les possibilités techniques de production) qui relient les quantités produites aux quantités de facteurs utilisés avec les techniques possibles (Brossier, 2007). Ainsi, la forme générale d'une fonction de production pour une firme quelconque est : $y=f(x_1, x_2, \dots, x_j)$, avec y = quantité produite ou l'output par la firme considérée ; f désigne la fonction de production et (x_1, x_2, \dots, x_j) le vecteur des facteurs (inputs) utilisés par cette firme. Dans le cas d'une exploitation agricole les inputs peuvent être le capital, le travail et la terre.

1.2.7.4. Analyse des efficacités technique, allocative et économique

Les travaux sur les performances des exploitations agricoles sont nombreux dans les pays développés et même dans les pays en développement. Latruffe (2005) a évalué le niveau d'efficacité technique des exploitations polonaises, elle trouve que les exploitations orientées vers l'élevage sont plus efficaces que les exploitations spécialisées en production végétale et les exploitations mixtes. Ensuite, elle a examiné les déterminants de cette efficacité technique. Ce qui constitua un plus, car les études existantes sur l'estimation de l'efficacité technique des exploitations agricoles Polonaises se sont limitées à l'analyse des résultats de l'efficacité sans dégager les déterminants de celle-ci.

Linh (1994) a estimé l'efficacité technique des exploitations agricoles productrices de riz au Vietnam, en utilisant une méthode d'analyse par enveloppement des données, en anglais Data Envelopment Analysis (DEA) et une approche par frontière stochastique de production. Les résultats de ce travail montrent que, l'efficacité technique est significativement influencée par l'éducation primaire des exploitants et les facteurs régionaux.

En Afrique, des études se sont aussi focalisées sur les efficacités techniques. Ainsi, Nkamleu (2004b) analyse la croissance de la productivité globale des facteurs de production

et sa décomposition en évolution technologique et évolution de l'efficacité. Grâce à une méthode d'enveloppement des données (DEA), en utilisant les données de 16 pays sur la période de 1970-2001. L'étude conclut que l'évolution technologique a été le principal obstacle à la réalisation de niveaux élevés de productivité des facteurs en Afrique subsaharienne durant la période considérée. Enfin, les résultats indiquent que les facteurs institutionnels et agroécologiques jouent un rôle déterminant dans la croissance de la productivité agricole.

Les travaux portant sur l'estimation des efficacités des producteurs maraîchers au Bénin sont peu nombreux. Nous pouvons citer ceux de Arouna et Dabbert (2009), de Arouna *et al.* (2010) et ceux de Singbo et Lansink (2010). Arouna et Dabbert (2009) ont utilisé la méthode d'analyse par enveloppement des données (DEA) pour estimer l'efficacité des producteurs dans l'usage de l'eau dans le maraîchage. Arouna *et al.* (2010) ont estimé les efficacités technique, allocative et économique dans la production de la noix de cajou en utilisant une méthode de frontière stochastique translogarithmique. Quant à Singbo et Lansink (2010), ils ont estimé les inefficacités technique, allocative et de profit (économique) des systèmes de production de bas-fonds riz et maraîchage.

1.2.7.4.1. La notion d'efficacité technique

Farrell (1957) est l'économiste ayant proposé le modèle mathématique de mesure des efficacités technique, allocative et économique. Selon lui, l'efficacité technique, proche de l'esprit du coefficient d'utilisation des ressources de Debreu (1951), mesure la manière dont une firme ou unité de production choisit les quantités d'inputs qui entrent dans le processus de production quand les proportions d'utilisation des facteurs sont données.

Une exploitation est techniquement efficace si pour un niveau de facteurs utilisés et de produits obtenus, il est impossible d'augmenter la quantité d'un produit sans augmenter la quantité d'un ou de plusieurs facteurs ou sans réduire la quantité d'un autre produit. La mesure du degré d'efficacité technique d'une unité de production permet de cerner si cette dernière peut accroître sa production sans pour autant consommer plus de ressources, ou diminuer les quantités d'un intrant tout en conservant le même niveau de production (Amara et Romain, 2000).

Une exploitation est techniquement efficace lorsqu'elle utilise les ressources dont elle dispose de façon optimale. Ces définitions sont similaires à beaucoup d'autres, ainsi on parle d'efficacité technique en termes d'habilité à obtenir un output donné avec un niveau d'inputs minimum. Une exploitation techniquement efficace réduit au maximum le gaspillage des ressources entrant dans le processus de production. Elle économise la main-d'œuvre (dimension sociale) et les intrants chimiques (dimension écologique) dont la sur-utilisation affecte la santé des écosystèmes et celle de l'homme. L'efficacité technique dépend des facteurs socioéconomiques et sociodémographiques. Les relations du producteur avec les agents de vulgarisation ou avec les paires ainsi que la formation peuvent permettre l'acquisition de nouvelles connaissances techniques plus productives respectueuse de l'environnement et la santé et déterminer son efficacité technique.

Dans cette thèse, l'efficacité technique sera évaluée par la comparaison des performances techniques des exploitations aux performances optimales en se basant sur les dotations actuelles des producteurs de grande morelle et de chou pommé en main d'oeuvre, et intrants agricoles.

1.2.7.4.2. La notion d'efficacité allocative

L'efficacité allocative ou « efficacité prix » évalue la façon dont la firme choisit les proportions des différents inputs par rapport aux prix du marché, supposé concurrentiel. Théoriquement, le processus de production est dit allocativement efficace si le taux marginal de substitution technique entre chaque paire de facteurs est égal à la proportion du prix de ces derniers (Albouchi *et al.*, 2005). C'est la combinaison optimale, ou dans les meilleures proportions des ressources, étant donnés leurs prix relatifs (Amara et Romain, 2000). Une exploitation est donc déclarée allocativement efficace si, à un niveau de production donné, le coût des facteurs est minimum. L'efficacité allocative traduit donc une utilisation optimale des ressources financières. Les relations du producteur avec les agents de vulgarisation, les paires et les fournisseurs (dimension sociale) peuvent jouer un rôle important dans l'accès à l'information sur le marché d'intrants et déterminer son efficacité allocative.

1.2.7.4.3. La notion d'efficacité économique

L'efficacité économique, connue également sous le nom « d'efficacité totale ou de profit », est conjointement déterminée par l'efficacité technique et l'efficacité allocative. Elle

correspond aux produits de ces deux types d'efficacité (Coelli *et al.*, 1998). Une exploitation agricole est donc dite économiquement efficace si elle est à la fois techniquement efficace et alloue de manière efficace ses ressources productives. Elle a un comportement de maximisation de profit. En situation de concurrence, son profit est maximum lorsqu'elle égalise le coût marginal de production de chaque facteur de production à son prix sur le marché (Nuama, 2006).

La figure 3 proposée par Farrell (1957) présente une illustration des types d'efficacité. L'isoquant (courbe) TT' représente la frontière de production (l'ensemble des points techniquement efficaces). Elle délimite à sa droite, l'ensemble des combinaisons d'inputs techniquement faisables.

Selon Farrell (1957), l'efficacité technique de l'exploitation au point P est donnée par le rapport OQ/OP. L'efficacité technique est donc comprise entre 0 et 1. Tous les points situés sur la frontière de production sont techniquement efficaces et ont une efficacité technique égale à 1.

Théoriquement, pour être allocativement efficaces, les firmes ou exploitation doivent égaliser leur taux marginal de substitution technique entre inputs avec le rapport des prix des inputs déterminés par le marché. La droite (AA') représente graphiquement ce rapport des prix. Le point Q correspond à la projection radiale de celui de P sur la frontière. Ceci assure qu'il possède les mêmes proportions d'inputs que P. En effet, Farrell (1957) mesure géométriquement l'efficacité allocative par le rapport OR/OQ.

De même, l'efficacité allocative est comprise entre 0 et 1. Tous les points situés sur l'isocoût (AA') sont allocativement efficaces mais ne sont pas tous faisables. Selon Farrell (1957), l'efficacité économique correspond à l'efficacité technique et à l'efficacité allocative réunies. Elle est obtenue au point Q'.

L'efficacité économique au point P est égale au produit $TE \cdot AE = OQ/OP \cdot OR/OQ = OR/OP$. En conséquence, le point P n'est ni techniquement, ni allocativement efficace. Le point Q, bien qu'il soit techniquement efficace, est allocativement inefficace. Les points P et Q ont la même inefficacité allocative car ils utilisent leurs inputs dans les mêmes proportions. Le point E est allocativement efficace mais techniquement inefficace, seul le point Q' est techniquement et économiquement efficace.

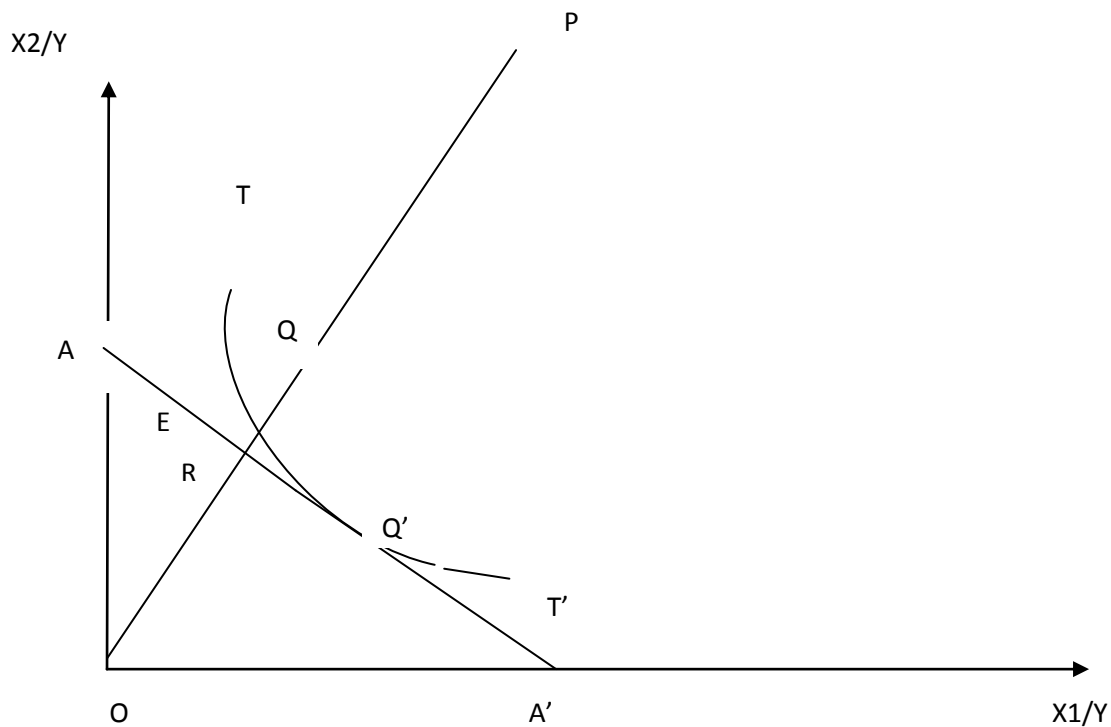


Figure 3: Mesure de l'efficacite technique et allocative (Farrell, 1957)

Une présentation des trois types d'efficacité peut être schématisée comme ci-après (Figure 4).

Le croisement de l'efficacité technique et celle allocative détermine l'efficacité économique qui traduit une situation de maximisation de profit.

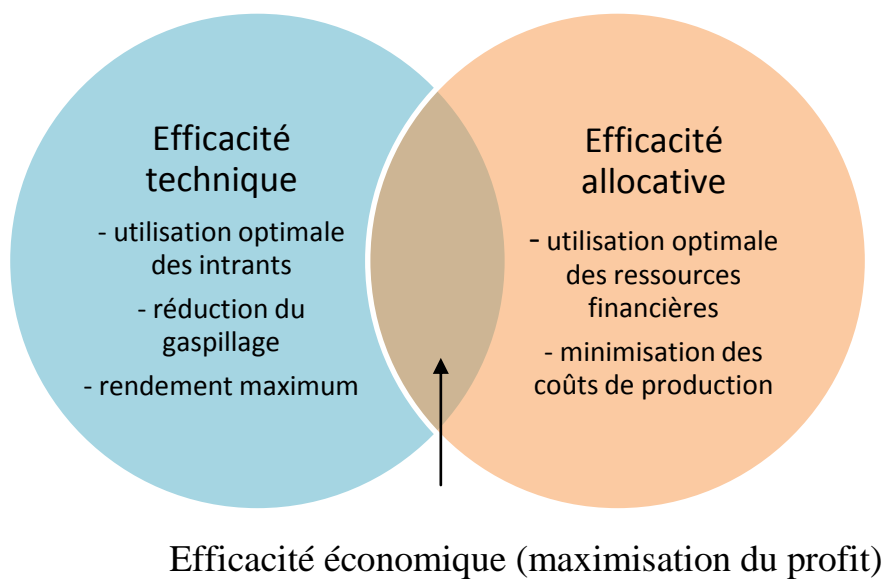


Figure 4: Détermination de l'efficacité économique

1.2.7.5. Analyse des facteurs déterminant les niveaux d'efficacité en production agricole

Plusieurs travaux en Afrique et au Bénin ont étudié les déterminants de l'efficacité des producteurs.

Nyemeck *et al.* (2004) ont évalué l'efficacité technique des petits producteurs d'arachide, de maïs en monoculture et de ces cultures en association au Cameroun. Sur un échantillon de 450 exploitations dans 15 villages. Ils trouvent que l'efficacité technique moyenne est de 77%, 73% et 75%, respectivement pour les trois types de producteurs grâce à une approche paramétrique de frontière stochastique de production. L'analyse des déterminants des efficacités des producteurs par la méthode de régression tobit a permis de conclure que les efficacités sont attribuables essentiellement au crédit, à la fertilité des sols, à l'accès à l'encadrement et au désenclavement. Nuama (2006) a analysé les déterminants de l'efficacité technique des agricultrices des cultures vivrières en Côte d'Ivoire et a conclu que la taille de ménage, l'accès à la vulgarisation et au crédit sont les déterminants majeurs de l'amélioration de l'efficacité des agricultrices.

Au Bénin, les études sur les déterminants de l'efficacité des agriculteurs portent sur les cultures d'anacarde, de riz et le maraîchage. Arouna *et al.* (2010), trouvent que le contact des producteurs avec les agents de vulgarisation, la part de noix de cajou dans le revenu sont des déterminant de l'efficacité des producteurs et que la superficie emblavée affecte négativement l'efficacité technique.

Singbo et Lansink (2010) trouvent que la gestion de l'eau joue un rôle important dans l'efficacité de la production des maraîchers et riziculteurs. Ils concluent que âge du producteur, son niveau d'éducation, son expérience, la taille de l'exploitation sont les déterminants des efficacités technique, allocative et économique dans les systèmes intégrés riz-maraîchage.

Dans le présent chapitre, la problématique de l'étude et la clarification des différentes notions structurantes cette thèse ont été abordées. Le chapitre suivant présentera le cadre géographique dans lequel l'étude a été conduite.

CHAPITRE 2: CADRE GEOGRAPHIQUE

Le cadre géographique de l'étude couvre les périmètres maraîchers de Houéyiho, de VIMAS et de Ouidah situés respectivement dans les communes de Cotonou, de Sèmè-kpodji et de Ouidah. Le choix de ces sites a été déterminé en fonction de leur forte activité de production maraîchère. La Figure 5 présente les périmètres maraîchers prospectés.

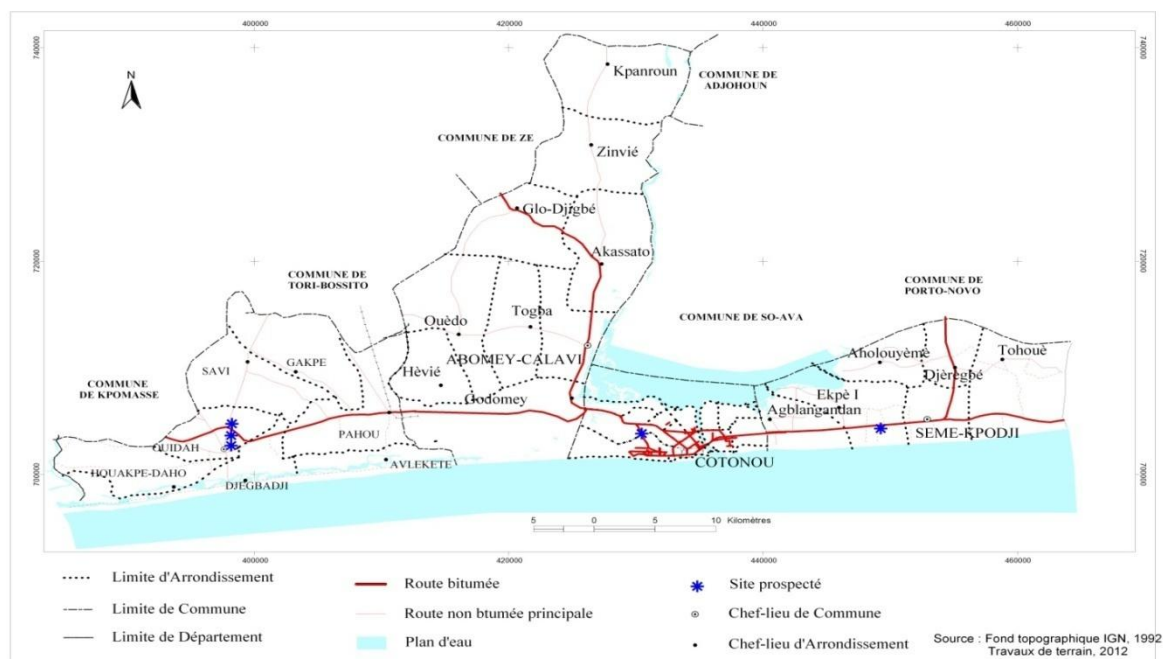


Figure 5 : Carte localisant les périmètres maraîchers

2.1. Présentation de la municipalité de Cotonou (Département du Littoral)

Le Littoral est circonscrit à la ville de Cotonou qui est la capitale économique du Bénin. Cette ville est située en bordure du golfe de Bénin sur un cordon littoral sableux. Elle est limitée à l'est par la commune de Sèmè-kpodji, à l'ouest par la commune d'Abomey-Calavi, au nord par la commune de So-ava et au sud par l'océan Atlantique. Elle s'étend de part et d'autre d'un chenal qui relie le lac Nokoué et l'océan Atlantique.

Il compte 144 quartiers regroupés en 13 arrondissements. La ville couvre une superficie de 79 km² dont 70% sont situés à l'ouest du chenal, 33% est constituée de zones marécageuses et 67% de zones urbanisées. Le relief de Cotonou est relativement plat. Son altitude oscille entre 0,3 et 6 mètres.

- Climat

Le climat est de type subéquatorial caractérisé par deux saisons sèches et deux saisons pluvieuses. La pluviométrie moyenne annuelle est d'environ 1320 mm. Les minima pluviométriques se relèvent généralement en janvier et en août alors que les maxima pluviométriques se relèvent en juin et en octobre. Les averses sont courtes et violentes entraînant les zones basses chaque année, des cas d'inondation avec pour conséquences, des problèmes de santé pour les populations (Gbedo, 2002).

- Sols

Sur le plan géologique, le site de Cotonou est constitué de terrains quaternaires de formations récentes alluviales, littorales et marines. Le sol est essentiellement sablonneux avec la présence d'éléments argileux et organiques par endroits. Il est constitué à 80% de sable grossier avec une épaisseur qui varie entre 9 et 15 mm (Gbedo, 2002).

- Hydrographie

La nappe phréatique est peu profonde (moins d'un mètre par endroit) et se trouve de ce fait très influencée par les eaux de pluies et des lixiviats entraînant une contamination des eaux souterraines par les déchets de toute sorte. Les zones de très basses altitudes correspondent à des marécages constituant des axes de convergence des eaux de surface, des écoulements hypodermiques et des nappes phréatiques (Gbedo, 2002). La présence des zones de marécages à Cotonou est un atout favorisant l'implantation des cultures maraîchères.

- Flore

La végétation actuelle à l'intérieur de la ville est formée des essences de reboisement tels que les *Ecalyptus canalduensis*, *Azadirachta indica*, *Terminalia catapa* et de prairie.

- Cadre humain

En 2002, elle comptait 665100 hts (RGPH3, 2002). Elle attire les $\frac{3}{4}$ des populations qui quittent les milieux ruraux pour s'installer dans les centres urbains. Cette situation est le fait de la concentration des activités économiques qui tout en faisant de Cotonou la ville la plus équipée du Bénin, ne garantit pas cependant des conditions de vie satisfaisantes pour ses habitants (Gbedo, 2002). Les nouveaux citoyens venant des milieux ruraux trouvent dans

l'agriculture périurbaine et surtout les activités de cultures maraîchères (plantes traditionnelles), un moyen pour subvenir à leurs besoins.

2.2. Présentation de la commune de Ouidah

Ouidah est une importante cité historique du département de l'Atlantique au sud du Bénin. Le nom Ouidah renvoie étymologiquement à l'ethnonyme utilisé par les Fon d'Abomey pour désigner ses premiers habitants, les houedah (Capo-Chichi, 2006). Ce vocable sera perçu et transcrit différemment par les européens : Juda, Ajuda par les portugais (16^{ème} siècle), Fida par les hollandais (17^{ème} siècle), Whydah par les anglais (1681-1780) et Ouidah par les français (17^{ème} siècle). Situé entre 2° et 2°15 de longitude Est et 6°15 et 6°30 de latitude nord, dans le département de l'Atlantique, la commune de Ouidah s'étend sur une superficie de 364 km². Elle est limitée : au sud par l'océan Atlantique, à l'est par la commune d'Abomey-Calavi, à l'ouest par la commune de Grand-Popo, au nord par les communes de Kpomassè et de Tori-Bossito. Elle compte 10 arrondissements subdivisés en 60 quartiers de villes et villages.

- Climat

Située au sud-ouest du Bénin, la commune de Ouidah appartient à l'ensemble géographique qu'il convient d'appeler « zone humide » (Capo-Chichi, 2006). Elle jouit d'un climat soudano-guinéen ou subéquatorial, caractérisé par deux saisons de pluie alternées de deux saisons sèches à durées inégales (Boko, 1988). La hauteur d'eau recueillie au cours de l'année varie entre 950 et 1150 mm. Elle est plus importante à l'est qu'à l'ouest. La température moyenne est de 27°C, variant de 24° à 30°C en saison des pluies et de 23 à 33°C en saisons sèches.

- Hydrographie

Le réseau hydrographique de la commune est essentiellement caractérisé par un système lacustre et lagunaire dont les principaux plans sont : Djessin et Domè, de la lagune de Djègbadji et du lac Toho (Capo-Chichi, 2006). Ils sont alimentés par les bassins du sud-ouest notamment le Couffo et le Mono. Ils sont généralement encombrés et leur production halieutique est en baisse.

- Sols

On distingue du Sud au Nord, deux grands ensembles de sols : les sols de type sablonneux et les sols de type ferralitique (Capo-Chichi, 2006). Les sols sablonneux limités au cordon littoral qui regroupe les arrondissements d'Avlékété, de Djègbadji et de Ouakpè-Daho. Cependant, ce type de sol se retrouve dans la partie méridionale de Ouidah 1, Ouidah 3 et de Pahou. Les sols ferralitiques sont généralement localisés dans les arrondissements de Savi, de Gakpé et la partie septentrionale des arrondissements urbains. Entre ces deux types de sols, existe la frange lagunaire constituée de zones marécageuses et de plaines d'inondation. Les sols de Ouidah sont très favorables aux cultures maraîchères, aux cultures de manioc et de cocotiers.

- Flore et faune

Elles se situent dans un écosystème particulier constitué d'une diversité floristique et faunique. Du point de vue formation végétale, la flore est d'une manière générale dégradée, entièrement défrichée et qui laisse apparaître par endroits, l'existence de quelques îlots de forêts sacrées comme celles de Kpassè-Zoumè et d'Avlékété (Capo-Chichi, 2006). En dehors de ces reliques de forêts naturelles, il existe plutôt de grandes plantations de palmier à l'huile, de cocotiers, d'arbres fruitiers (notamment le manguier), de bois de feu. Les principales espèces de bois de feu sont l'acacia et l'eucalyptus. Elles couvrent une superficie de 300 ha à Ahouicodji. Dans le village de Gakpé, il existe de grandes plantations de cocoteraie (430 ha) et de palmeraie (830 ha) rétrocédées par la SONICOG à la communauté. Ce domaine est dénommé CARON. Devenu une coopérative de tout le village, il est géré par un bureau élu. La cocoteraie reste le type de végétation du cordon littoral. Les formations naturelles sont la savane herbeuse, les prairies et les formations marécageuses à *Raphia gigantea*, quelques mangroves à *Rhizophora racemosa* et *Avicenia africana*.

La faune bénéficie de la diversité des composantes naturelles du milieu constituées d'un microclimat de type humide continental, d'une pluralité floristique composée de forêts naturelles, de plantations forestières et agricoles, de ressources en eaux. Cette diversité de l'environnement naturel concourt à la diversité faunique, tant domestique que naturelle. Du point de vue domestique, il s'agit des animaux de compagnie et de bouche (volaille, petit bétail, pisciculture de petit échelle) ; quant à la faune naturelle ou sauvage, elle concerne plus le type aquatique, notamment les poissons, les crustacés, les moules, les huîtres, tant d'origine continentale que marine.

- Cadre humain

La population de la commune est composée majoritairement de Fon, de Nago, de Xuéda et de Mina (Capo-Chichi, 2006). Les Xuéda ont été les premiers habitants de la ville de Ouidah ainsi que de sa région. Les Fons d'Abomey y sont venus massivement sous le règne du roi Agadja, qui a conquis le royaume Xuéda de Savi, et a fait de Ouidah sa façade maritime en 1727. C'était le principal port de la côte du Golfe du Bénin. Ensuite, il y a eu la migration des commerçants nago et haoussa du Nigéria ainsi que les descendants d'esclaves de l'Amérique latine.

- Groupes socioculturels

Les grandes composantes socio-culturelles de la commune se présentent comme suit : Fon (69,8%), Adja (16,5%), Yoruba (9,0%), Bariba (0,5%), Dendi (0,3%) (Capo-Chichi, 2006). Les Fon et apparentés sont majoritaires dans tous les arrondissements. Il s'agit essentiellement des Fon, des Xuéda, et Aïzo, des afro-brésiliens et des métis. Ils représentent près de 80% de la population des arrondissements ruraux et de 60% des arrondissements urbains. Les Adja et apparentés sont majoritaires dans l'ouest de la commune tandis que les Yorubas sont implantés dans le centre urbain. Sur le plan religieux, la population est à majorité animiste. Certains sont des chrétiens catholiques ou évangélistes. D'autres sont musulmans.

2.3. Présentation de la commune de Sèmè-kpodji

La commune de Sème-kpodji est située au sud Bénin. Elle couvre une superficie de 250 km². Elle est limitée au nord par la municipalité de Porto-Novo et la commune des Aguégus, au sud par l'océan Atlantique, à l'est par la république du Nigéria et la commune de Zè et à l'ouest par la municipalité de Cotonou.

La population est de 88525 habitants en 1999 avec une population urbaine de 58% et une population rurale de 42%. La commune compte 06 arrondissements : les arrondissements de Sèmè-kpodji, d'Agblangandan, de Aholouyèmè, de Djrèrègbé, de Ekpè et de Tohouè.

- Climat

Dans la commune de Sèmè-kpodji, le climat est de type subéquatorial marqué par quatre saisons (Boko, 1988) à savoir :

- Une grande saison des pluies (mars à juillet)
- Une petite saison sèche (juillet à septembre)
- Une petite saison des pluies (septembre à novembre)
- Une grande saison sèche (novembre à mars)

Les températures moyennes mensuelles varient entre 27 et 31°. Les écarts entre le mois le plus chaud et le mois le moins froid ne dépassent pas 3,8°.

Les précipitations sont relativement élevées, elles atteignent en moyenne 1200 mm par an (Totin, 2010). Le régime pluviométrique est bimodal concentré sur les mois de juin et octobre dans les deux saisons de pluies.

- Hydrographie

Située entre le complexe mer, lac et lagune, la commune bénéficie d'un réseau hydrographique favorable aux activités de pêche (Kora, 2006). Il s'agit de la lagune de Cotonou qui débouche sur le lac Nokoué. Elle communique par le canal de Toché avec la lagune de Porto-Novo qui se prolonge à l'est jusqu'à Lagos au Nigéria créant ainsi un réservoir d'eau douce.

- Sols

Du fait de sa position topographique, la commune de Sèmè-kpodji ne dispose que de sols ne résultant essentiellement du lessivage ou de la sédimentation (Kora, 2006). Ils sont pour la plupart hydromorphes et très pauvres en éléments nutritifs et en matériaux organiques (azote et phosphore) mais riches en dioxyde de silicium avec quelques éléments de sols ferrugineux de types tropical. Ces sols sont peu favorables à la culture vivrière, mais favorables à la production du palmier à huile, du cocotier et de canne à sucre.

- Flore et faune

La zone de Sèmè-kpodji appartient au secteur phytogéographique guinéen à végétation clairsemée (Kora, 2006). La végétation naturelle constituée d'arbustes et d'arbrisseaux denses à dominance de *Zanthoxylum zanthoxiloides*, de *Chrysobalamus icaco*, et de *Dialium guineense* ne subsiste que sous formes de touffes éparses, du fait de l'action de l'homme.

La faune est très peu diversifiée dans la commune de Sèmè-kpodji et se réduit à quelques mammifères tels les aulacodes, les singes, les lapins, les lièvres, les rats, les écureuils et

civettes d'Afrique (Kora, 2006). On y rencontre de nombreux oiseaux tels que le guêpier, l'épervier, le pigeon vert, la tourterelle, le francolin, le héron. Il faut aussi signaler la présence de reptiles (lézard, python, couleuvre, cobra, vipère) et de nombreux insectes. Quant à la grande faune, elle a complètement disparu à cause de la destruction quasi-totale de son habitat au profit des installations humaines.

- Groupes socioculturels et activités économiques

Les ethnies peuplant actuellement la région sont venues de divers horizons, à une période relativement lointaine. Les principales ethnies sont : les fon, les adja, les yoruba.

Au plan religieux, 7,10% de la population pratique la religion traditionnelle, 38,10% sont des catholiques, 21,10% sont protestants, 8,40% de musulmans et 25,40% pour les autres religions.

Sur le plan économique trois secteurs d'activités couvrent l'essentiel dans la commune.

- Secteur primaire

On trouve les cultures de maïs, manioc, patate douce, arachide, niébé et les cultures maraîchères. Mais il existe d'autres activités comme l'élevage de la volaille, des bovins, des petits ruminants, et la pêche.

- Secteur secondaire

Il existe des unités de production industrielle, quelques unités de transformation de produits agricoles et des artisans. L'artisanat est représenté par la vannerie, tissage des nattes. Le secteur secondaire est dans l'informel.

- Secteur tertiaire

Il regroupe les activités commerciales, les services et le transport. On y trouve des boutiques, magasins et 3 gares routières et des hôtels.

Le chapitre suivant présentera la démarche méthodologique utilisée au cours de cette étude.

CHAPITRE 3: DEMARCHE METHODOLOGIQUE

Produire durablement des légumes nécessite de nouvelles approches conceptuelles et techniques. Pour tester les hypothèses formulées en rapport avec les objectifs, la démarche méthodologique de l'étude s'est appuyée sur la littérature relative aux différents modes de production de légumes, leurs impacts potentiels sur l'environnement, sur la qualité des légumes et sur la santé humaine ainsi qu'aux méthodes d'évaluation de la durabilité en agriculture. Différents techniques et outils de collecte et d'analyse de données ont été utilisés.

3.1. Techniques et outils de collecte des données

Il s'agit d'une étude longitudinale. Les unités d'observation de cette étude sont constituées des exploitations maraîchères des périmètres maraîchers de Houéyiho à Cotonou, de Sèmè-kpodji et Ouidah. Les unités déclarantes sont constituées des producteurs, responsables de ces exploitations. Les unités de référence ou unités statistiques sur lesquelles les mesures ont été faites concernent aussi bien les exploitations que les producteurs.

Les différentes techniques de collecte utilisées sont la recherche documentaire, l'observation, l'enquête par questionnaire, les prélèvements d'échantillons de légumes, d'eaux de forage, de sols maraîchers et analyse de résidus de pesticides par bioindicateur.

Pour calculer les scores de durabilité des exploitations, l'outil "Indicateurs de Durabilité de la Production Maraîchère (IDPM)" a été utilisé. Cet outil a été mis au point au sein d'une équipe pluridisciplinaire en se basant sur l'outil Indicateurs de Durabilité des Exploitations Agricoles (IDEA) de Vilain *et al.* (2008), inadapté au maraîchage.

Les indices de risques sanitaires et environnementaux des pratiques phytosanitaires ont été calculés avec l'outil "Indicateur de Risque des Pesticides du Québec (IRPeQ)" de Samuel *et al.* (2007).

Les niveaux d'efficacité technique, allocative et économique des exploitations ont été estimés par les modèles mathématiques frontières stochastiques de production et de coût (Aigner *et al.*, 1977 ; Meeusen et van den Broeck, 1977).

3.1.1. Recherche documentaire

Cette étape a été consacrée à la collecte, à l'analyse et à la synthèse de la documentation disponible sur le thème d'étude dans le monde, en Afrique et au Bénin. Elle a permis aussi de faire le point des connaissances sur la production maraîchère au Sud-Bénin.

3.1.2. Observations

Au cours des visites sur les sites de production, les comportements des producteurs lors de l'exécution des tâches ont été observés. Ces observations ont permis de savoir si les producteurs respectent les dosages et les règles d'hygiène lors de l'épandage des produits phytosanitaires.

3.1.3. Enquêtes par questionnaire

Des questionnaires ont été utilisés comme outils de collecte de données au cours des enquêtes. Des enquêtes ont été menées sur toute la période d'étude. Il s'agit aussi bien d'enquêtes transversales descriptives, que longitudinales et prospectives.

Dans une phase exploratoire, les différents sites de production au sud du Bénin ont été sillonnés. Les principaux sites de production de Houéyiho, Sèmè-kpodji et Ouidah ont été finalement retenus en raison de leur appartenance à des zones agroécologiques différentes (respectivement zone intra-urbaine et de bas-fonds, zone côtière et périurbaine et zone périurbaine et argilo-sableuse). Des entretiens de groupe ont été organisés avec des maraîchers de ces différents sites, afin de recueillir des informations générales sur les pratiques agricoles des producteurs, ventes et coûts des facteurs utilisés dans la production ainsi que les informations sociodémographiques des producteurs. Ces entretiens avec les maraîchers ont permis de concevoir et améliorer les questionnaires pour l'évaluation de la durabilité et des risques sanitaires et environnementaux et pour l'analyse des performances économiques afin de mieux les affiner pour les enquêtes.

Une première enquête relative à la caractérisation des systèmes de production, à l'évaluation de la durabilité et à l'évaluation des risques des pratiques phytosanitaires pour l'année 2009 a été faite entre Décembre 2009 et Avril 2010 sur 197 producteurs choisis par la méthode aléatoire stratifiée proportionnelle dans les sites de production retenus (105 maraîchers à Cotonou, 48 à Sèmè-kpodji et 44 à Ouidah). Cette enquête a été reprise en 2011 et en 2012 chez onze de ces producteurs pour apprécier l'évolution des indicateurs au niveau des exploitations.

Une exploitation ou une unité de production ne pourrait être compétitive et perdurer si elle n'utilise de façon optimale ses facteurs de production. Pour analyser la façon dont les unités de production gèrent les ressources entrant dans le processus de production, une

seconde enquête relative à l'analyse des efficacités des maraîchers dans la production de la grande morelle et du chou pommé a été menée entre Décembre 2011 et Mai 2012. Le choix de ces légumes se justifie par le fait que ces quatre dernières années, les producteurs font face à des attaques de ces spéculations végétales par des ravageurs et maladies difficilement maîtrisables et qui entraînent des pertes importantes de rendement (Assogba-Komlan, 2011). De plus, la grande morelle et le chou pommé sont des légumes très cultivés par les producteurs à Cotonou et appréciés par la population citadine (voire chapitre 4).

3.1.3.1. Enquêtes pour la caractérisation des systèmes de production, l'évaluation de la durabilité des exploitations et des risques sanitaires et environnementaux des pratiques phytosanitaires et leurs déterminants

Au cours de ces enquêtes, les informations recueillies auprès des maraîchers concernent les caractéristiques sociodémographiques, les spéculations végétales produites, les pratiques agricoles (la fertilisation, protection des cultures), la formation, le cadre de vie et hygiène, la qualité, les relations sociales entre les paires et avec les fournisseurs et clients, la transmissibilité et les résultats financiers et économiques de l'exploitation.

Ces informations ont servi à caractériser la production, identifier les systèmes de production (typologie) en utilisant les outils d'analyses multivariées, calculer les scores de durabilité, estimer les indices de risques sanitaires et environnementaux et identifier les facteurs déterminant les pratiques phytosanitaires des maraîchers.

3.1.3.2. Enquête pour l'analyse des performances économiques des exploitations dans la production de grande morelle et du chou pommé

Les principales informations recueillies durant la phase de collecte des données se rapportent aux caractéristiques socio-démographiques des maraîchers, à leurs pratiques, les prix unitaires et quantités utilisées d'intrants, de facteurs de production ainsi que les prix et quantités produites de grande morelle et de chou pommé afin d'analyser leurs efficacités dans la production de ces légumes au sud du Bénin ainsi que les facteurs déterminant ces efficacités. Au total 126 producteurs de grande morelle et 71 producteurs de chou pommé ont été choisis par la méthode d'échantillonnage aléatoire stratifiée proportionnelle. Ces deux spéculations ont été choisies en raison du fait que les producteurs font face à des attaques de ces spéculations végétales par des ravageurs et maladies difficilement maîtrisables et qui entraînent des pertes importantes de rendement (Assogba-Komlan, 2011). La grande morelle

subit des attaques d'acariens rouges alors que le chou pommé a été fortement attaqué par des fongiques durant la campagne agricole 2010-2011, ce qui occasionne des pertes de rendements et constitue un manque à gagner pour les producteurs.

3.1.4. Calcul des scores de durabilité

Pour chaque exploitation, les scores de durabilité sur les échelles agroécologique, socioterritoriale et économique ont été calculés. Pour ce faire, il a été mis au point après des travaux en groupe pluridisciplinaire, la méthode Indicateurs de Durabilité de la Production Maraîchère (IDPM) en Afrique tropicale. L'IDPM a été construit sur la base de la méthode Indicateur de Durabilité des Exploitations Agricoles (IDEA) de Vilain *et al.* (2008) qui n'est pas adaptée au maraîchage et à l'horticulture. Les scores de durabilité ont été aussi calculés pour les exploitations suivies pour les années 2010 et 2011. La méthode IDPM est présentée en fin de ce chapitre.

3.1.5. Calcul des indices de risques sanitaires et environnementaux

Pour évaluer les risques sanitaires et environnementaux des pesticides recensés, l'Indicateur de Risque des Pesticides de Québec (IRPeQ) de Samuel *et al.* (2007) a été utilisé. Les informations présentes sur les flacons et les emballages des pesticides ont été répertoriés. Sur la base des informations recueillies à l'aide des questionnaires et des données répertoriées dans des bases de données sur les propriétés toxicologiques et écotoxicologiques des pesticides, des indices de risques sanitaires et environnementaux ont été calculés à l'aide de l'indicateur de risque des pesticides du Québec - IRPeQ afin de caractériser la toxicité potentielle des pesticides recensés sur la santé humaine et l'environnement (Samuel *et al.*, 2007). Les données toxicologiques ayant servi pour le calcul des indices ont été obtenues dans « The e-Pesticide Manual », dans la base de données européenne sur les propriétés des pesticides « Footprint PPDB » et dans la base de données de « SAgE pesticides » développée par l'INSPQ, le MDDEP et le MAPAQ. Le choix de l'indicateur de risques des pesticides (IRPeQ) a été fait en considérant la disponibilité de l'outil, sa simplicité d'utilisation basée sur des données facilement accessibles pour la majorité des matières actives recensées. L'IRPeQ calcule un indice de risque global pour la santé humaine (IRS) et un indice de risque pour l'environnement (IRE). Le calcul de l'IRS tient compte de l'ensemble des propriétés toxicologiques des matières actives (toxicité aiguë, toxicité chronique modulée par un facteur en lien avec la persistance et la bioaccumulation) et de certaines propriétés des produits

commerciaux (dose maximale recommandée à l'hectare et type de formulation). L'IRE tient compte de l'impact écotoxicologique de la matière active (m.a) sur les invertébrés terrestres, les oiseaux, les organismes aquatiques et de certains paramètres physicochimiques (bioaccumulation, persistance dans le sol et la mobilité).

$$IRS_{\text{matière active}} = \frac{IRT \times FPf \times FCP}{10} ; IRE_{\text{matière active}} = [1,75 \times (T + O) + A + M + P + B + 1]^2$$

$$IRS_{\text{préparation commerciale}} = \sum IRS_{\text{matière active}}$$

$$IRE_{\text{préparation commerciale}} = \sum IRE_{\text{matière active}}$$

Pour chaque exploitation enquêtée, les indices de risque pour la santé et les indices de risque pour l'environnement pour chaque producteur (IRPest-S et IRPest-E) pour l'année 2009, ainsi que ces indices ramenés à l'hectare et par unité de kilogramme de matières actives épanchées (IRSPest-S/Ha, IRPest-S/Kg m.a, IRPest-E/Ha, IRPest-E/Kg m.a) ont été calculés (Samuel *et al.*, 2007). Les indices de pression pesticides (IP) que sont les quantités totales de matières actives épanchées dans l'année à l'hectare et les indices de fréquence pesticides (IFT) ont été aussi calculés. L'indice de fréquence de traitement pesticide (IFT) est le nombre de doses homologuées de pesticides à l'hectare dans une campagne agricole (Brunet *et al.*, 2007). Les mêmes indices ont été calculés pour les producteurs suivis pour les années 2010 et 2011.

3.1.6. Calcul des ratios de rentabilité et de productivité

La rentabilité des capitaux engagés est le rapport entre le résultat net et le total des coûts variables alors que la rentabilité de l'exploitation ou taux de marge est le rapport entre le résultat net et le chiffre d'affaire. La productivité physique d'un facteur est le rapport entre la quantité d'output et la quantité utilisée de ce même facteur. La productivité en valeur n'est que la productivité exprimée en valeur monétaire. Elle est le rapport entre la valeur monétaire de l'output et la quantité physique du facteur.

Le rendement d'une exploitation agricole est la productivité physique du facteur terre. Il est exprimé en kilogramme à l'hectare (Kg/ha) ou en tonne à l'hectare (t/ha).

3.1.7. Prélèvement d'échantillons de légumes, eaux de forage et sols maraîchers

De mars à août 2011, des légumes ont été collectés au champ, juste avant récolte dans les sites maraîchers de Houéyiho, Sèmè-kpodji, Ouidah et sur les marchés de Cotonou. Au total, quinze spéculations végétales ont été échantillonnées. Il s'agit des espèces les plus retrouvés dans les zones de production prospectées.

Au total 20 échantillons ont été prélevés juste avant récolte au champ et 40 échantillons ont été collectés dans six marchés de Cotonou et de sa banlieue et acheminés au laboratoire de l'unité MIVEGEC de l'Institut de Recherche pour le Développement (IRD) associé au Centre de Recherche Entomologique de Cotonou (CREC) pour évaluer les teneurs résiduelles en pesticide par le bioindicateur (larves L1 d'*Aedes aegypti*).

Ensuite, douze échantillons de choux et de sols ont été prélevés sur six parcelles traitées à la deltaméthrine (PLAN-D25EC) ou au chlorpyrifos-éthyl (PYRIFORCE 480EC) respectivement à raison de 25 g et 480 g de matières actives à l'hectare chez cinq producteurs, et ceci pour évaluer l'évolution des teneurs résiduelles en pesticides mesurées par bioindicateur (larves L1 d'*Aedes aegypti*) dans les échantillons. Pour ces parcelles échantillonnées, aucun apport d'engrais n'a été effectué durant la période d'étude.

Enfin quinze échantillons de sols et d'eaux de forage ont été prélevés sur les différents sites maraîchers et acheminés au Laboratoire de contrôle de qualité des eaux et aliments de la Direction de l'Hygiène et de l'Assainissement de Base (DHAB) afin de déterminer les teneurs en nitrates, en nitrites et en phosphates. En effet, il a été suggéré que des teneurs importantes en ces composés pourraient influencer les résultats d'analyse de pesticides dans les sols par la technique utilisée. Une partie de ces échantillons est acheminée au laboratoire de l'unité MIVEGEC de l'Institut de Recherche pour le Développement (IRD) pour estimer les teneurs en résidus toxiques.

3.2. Techniques et outils de traitement des données

Les données collectées ont été traitées par l'outil informatique à l'aide des logiciels suivants : Excel 2007, SPSS 12, STATA 10.1, SPAD 5.5 et GraphPad prism.

3.2.1. Traitement par le logiciel Excel 2007

Après la collecte des données de questionnaires d'enquêtes, les réponses ont été introduites dans le logiciel EXCEL 2007. Ce logiciel a permis de réaliser les statistiques

descriptives (les fréquences, les moyennes, les écarts - types, les minima et les maxima) ainsi que les tableaux et graphiques.

3.2.2. Traitement par le logiciel SPAD 5.5

Le logiciel SPAD 5.5. a été utilisé pour réaliser l'analyse des correspondances multiples (ACM) et la classification ascendante hiérarchique (CAH) sur les données issues de l'enquête menée entre Décembre 2009 et Mai 2010.

3.2.3. Traitement par le logiciel SPSS.12.0

Le logiciel SPSS 12.0 a servi à l'estimation des résultats des modèles logistiques d'analyse des déterminants des pratiques phytosanitaires ainsi que la hiérarchisation des contraintes limitant la production de grande morelle et de chou pommé par le test de concordance de Kendall. Il a également été utilisé pour estimer les résultats du modèle linéaire multiple d'analyse des déterminants de la mortalité des larves d'*Aedes aegypti*.

3.2.4. Traitement par le logiciel STATA 10.1

Le logiciel STATA 10.1 a été utilisé pour estimer les efficacités technique, allocative des producteurs de grande morelle et de chou pommé par le modèle frontière stochastique. Il a également servi à analyser les facteurs socioéconomiques déterminants ces efficacités par le modèle Tobit.

3.2.5. Traitement par le logiciel GraphPad Prism

Pour les tests d'hypothèses, le logiciel GraphPad Prism a été utilisé. Il a servi à faire les tests statistiques de Man-Whitney, Kruskal-Wallis, de Khi-carré et de Fisher.

3.3. Méthodes ou modèles d'interprétation des résultats

3.3.1. Méthodes d'analyse des correspondances multiples (ACM) et classification ascendante hiérarchique (CAH)

L'ACM a été utilisée afin de mettre en évidence ce qui rapproche ou, au contraire, distingue les exploitations maraîchères, leurs caractéristiques, les comportements des producteurs, les choix des stratégies de production et le revenu. Cette méthode permet de faire ressortir les liens multiples existant entre les nombreuses variables étudiées et qui se trouvent occultées dans l'analyse descriptive. La CAH a permis d'identifier des regroupements

d'exploitations (typologie). Seules ont été retenus comme variables structurantes de l'analyse des correspondances multiples les critères reconnus comme les plus pertinents à l'issue de l'analyse descriptive.

3.3.2. Méthode d'analyse des déterminants des pratiques phytosanitaires (modèle logit)

Pour la détermination des facteurs influençant l'utilisation des pesticides chimiques dans le maraîchage et l'adoption des équipements de protection individuelle, le modèle binaire logit a été utilisé (Gockowski et Ndoumbe, 2004 ; Maddalla, 1983 ; Singbo et Nouhoeflin, 2007). La fonction du modèle logistique est : $\text{Prob}[Y_i = 1] = \frac{\exp[x_i \beta]}{1 + \exp[x_i \beta]}$.

Les modèles sont centrés sur les déterminants de l'utilisation des pesticides chimiques dans la protection contre les ravageurs dans les cultures maraîchères et sur l'adoption des équipements de protection individuelle. Les hypothèses suivantes ont été émises :

- L'utilisation systématique des pesticides chimiques suivant un calendrier préétabli dépend du sexe du producteur, de son activité principale, de son âge, de son expérience dans la production, de l'accès au crédit, du système d'irrigation, de sa reconnaissance des ravageurs, du type de légumes cultivés, de la superficie emblavée, du site de production, du résultat d'exploitation et la rotation culturale.

Le modèle se présente comme suit :

$$\text{UTIPESTCHI} = \alpha_0 + \beta_1 \text{SEXE} + \beta_2 \text{ACTIVP} + \beta_3 \text{EXPE} + \beta_4 \text{CREDIT} + \beta_5 \text{ARROSA} + \beta_6 \text{RECRAV} + \beta_7 \text{TYPELEG1} + \beta_8 \text{TYPELEG2} + \beta_9 \text{SUP} + \beta_{10} \text{SIT1} + \beta_{11} \text{SIT2} + \beta_{12} \text{AGE} + \beta_{13} \text{RBE} + \beta_{14} \text{ROT} + \varepsilon$$

- La protection des différentes parties du corps lors de l'épandage des pesticides chimiques dépend du sexe du producteur, de son activité principale, de son âge, de son expérience dans la production, de l'accès au crédit, du type de légumes cultivés, de la superficie emblavée, du site de production, du résultat d'exploitation et le niveau d'instruction du producteur.

Le modèle se présente comme suit :

$$\text{UTIEQUIPR} = \alpha_0 + \beta_1 \text{SEXE} + \beta_2 \text{ACTIVP} + \beta_3 \text{EXPE} + \beta_4 \text{CREDIT} + \beta_5 \text{TYPELEG1} + \beta_6 \text{TYPELEG2} + \beta_7 \text{SUP} + \beta_8 \text{SIT1} + \beta_9 \text{SIT2} + \beta_{10} \text{AGE} + \beta_{11} \text{NIVETU} + \beta_{12} \text{RBE} + \varepsilon$$

3.3.3. Méthodes d'estimation des efficacités (modèle frontière stochastique)

Les efficacités ont été estimées par une approche de frontière stochastique. L'approche stochastique a été proposée simultanément par Aigner *et al.* (1977) et Meeusen et van den Broeck (1977). C'est un modèle à erreur composée qui s'écrit comme suit :

$Y_i = f(X_i, \beta) \cdot e^{\varepsilon_i}$ avec $\varepsilon_i = v_i - \mu_i$ dans le cas de la fonction de production et $\varepsilon_i = v_i + \mu_i$ dans le cas de la fonction de coût et $\mu \geq 0$; $-\infty \leq v \leq +\infty$.

Le modèle frontière stochastique se présente comme suit :

$Y_{it} = f(X_{it}, \beta) e^{(v_{it} - \mu_{it})}$ pour la fonction de production et $Y_{it} = f(X_{it}, \beta) e^{(v_{it} + \mu_{it})}$ pour la fonction de coût où t désigne la période et i , l'unité de production. Les paramètres v et μ sont indépendants l'un de l'autre et avec x . Le paramètre μ_i mesure l'écart entre l'output observé (y_i) et l'output réalisable par la technologie efficace ou l'écart entre le coût observé et le coût minimum réalisable.

L'efficacité technique d'une exploitation i est définie de la manière suivante :

$ET_i = y_i / \hat{y}_i$ où \hat{y}_i est l'output maximal qui peut être obtenu et y_i l'output observé au niveau de l'exploitation i .

L'efficacité allocative d'une exploitation i est définie de la manière suivante :

$EA_i = \hat{y}_i / y_i$ où \hat{y}_i est le coût minimal qui peut être obtenu et y_i le coût observé au niveau de l'exploitation i .

L'efficacité économique est le produit des efficacités technique et allocative.

3.3.3.1. Les variables servant à la mesure des efficacités

Selon Coelli (1996), le choix des variables doit être fonction des quantités d'inputs et d'outputs que les exploitants sont capables de contrôler. En effet, les exploitants sont plus à même de contrôler les inputs : main-d'œuvre (travail), surface de production (foncier) et capital (coût du matériel utilisé et coût des semences) ainsi que les intrants (semences, pesticides, engrais) que les outputs qui concernent la production agricole. Enfin, le choix de telle ou telle orientation n'a que peu d'influence sur les scores obtenus et par conséquent sur le classement des unités de production.

La mesure de l'efficacité technique des exploitations a été faite dans le cas de la grande morelle par une méthode paramétrique de frontière stochastique de production translogarithmique avec données en panel, ceci à cause de la spécificité de la spéculation étudiée qui est récoltée en plusieurs cycles de production. A la différence du modèle Cobb-

Douglas qui suppose les facteurs de production substituables, la fonction translogarithmique présente l'avantage de lever les hypothèses de substitutabilité des facteurs et d'homogénéité de l'élasticité de la production par rapport à chacun des facteurs. Les paramètres β_{ij} avec $i \neq j$ vont indiquer le sens de la relation existant entre les différents facteurs de production. Si $\beta_{ij} > 0$, alors les facteurs i et j sont substituables, dans le cas contraire, ils sont complémentaires. La spécification générale de la fonction translogarithmique se présente comme suit :

$$\ln Y_{it} = \alpha_0 + \sum_{i=1}^k \alpha_i \ln x_{it} + \sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^k \beta_{ij} \cdot \ln x_{it} \cdot \ln x_{jt} + v_{it} - u_{it},$$

avec Y_{it} = output ou rendement de morelle d'une exploitation i au temps t et (x_1, x_2, \dots, x_n) , le vecteur d'inputs que sont les facteurs de production, v_{it} et u_{it} représentent respectivement le bruit aléatoire et les inefficacités.

La mesure de l'efficacité technique des exploitations dans la production du chou pommé a été faite par une méthode paramétrique de frontière stochastique de production Cobb-Douglas à cause de non atteinte de convergence avec le modèle translogarithmique. La spécification générale de la fonction Cobb-Douglas se présente comme suit :

$$\ln Y_i = \alpha_0 + \sum_{i=1}^k \alpha_i \ln x_i + v_i - u_i$$

avec Y_i = output ou rendement de chou pommé d'une exploitation i et (x_1, x_2, \dots, x_n) , le vecteur d'inputs que sont les facteurs de production, v_i et u_i représentent respectivement le bruit aléatoire et les inefficacités.

Dans le cas de l'estimation de l'efficacité technique de la production, les différents paramètres ont été codés comme suit :

- **output= Rendement de la grande morelle ou du chou pommé (kg/ha) codé qrend.**
- **Input 1** = Quantité d'insecticides utilisée (en L/ha) codé qinsect.
- **Input 2** = Quantité de fongicides utilisée (en kg/ha) codé qfongi.
- **Input 3** = Main-d'œuvre : elle est évaluée en terme de volume de travail et exprimée en homme-jour (Hjr/ha) selon les pondérations de la FAO cité par Nyemeck (2004) et Kane (2010). Elle est codée qmo.

- **Input 4** = Quantité de semences utilisée (Kg/ha) codé qsem.
- **Input 5** = Quantité d'engrais chimiques utilisée (Kg/ha) codé qengchim.
- **Input 6** = Quantité d'engrais organiques utilisée (Kg/ha) codé qengorg.

L'estimation du modèle frontière de production translogarithmique a été faite en considérant que les indices d'efficacité varient en fonction des cycles de production de grande morelle. Si $\eta < 0$, alors l'inefficacité technique des producteurs de grande morelle augmente avec le temps. Les termes d'erreur μ et v sont les causes de déviation de la frontière de production optimale. La variabilité aléatoire en production non maîtrisable est représentée par v . Il s'agit des paramètres environnementaux tels que la température et l'humidité. Ce terme est identiquement et indépendamment distribué comme $N(0, \sigma_v^2)$. Il est considéré comme le terme d'erreur normal.

Le terme d'erreur non négatif μ représente les déviations à la frontière de production optimale, attribuables à l'inefficacité des producteurs. Ce terme est identiquement et indépendamment distribué et supposé avoir une distribution normale tronquée $N(0, \sigma_\mu^2)$.

La présence d'inefficacité ou non a été analysée à travers les paramètres σ^2 et γ . Si σ^2 est statistiquement différent de zéro au seuil de 10%, ceci traduit la présence d'inefficacité dans la production de morelle au niveau des sites de production étudiés. Si γ est statistiquement différent de zéro au seuil de 10%, la présence d'inefficacité dans la production est attribuable pour une grande part aux producteurs car σ_μ^2 représenterait une part importante de σ^2 .

$\sigma^2 = \sigma_\mu^2 + \sigma_v^2$ et $\gamma = \sigma_\mu^2 / \sigma^2$ (Battese et Coelli, 1995) où σ^2 est la variance de la variable dépendante et est fonction de l'inefficacité du producteur (σ_μ^2) et de l'erreur aléatoire (σ_v^2).

Dans le cas de fonction frontière de production Cobb-Douglas avec données transversales, la présence d'inefficacité ou non a été analysée à travers les paramètres σ_μ et σ_v . Si σ_μ et $\lambda = \sigma_\mu / \sigma_v$ sont statistiquement différents de zéro au seuil de 10%, ceci traduit la présence d'inefficacité dans la production de chou au niveau des sites de production étudiés. Si σ_v est statistiquement différent de zéro au seuil de 10% et $\lambda = \sigma_\mu / \sigma_v$ nul, la présence d'inefficacité dans la production de chou est attribuable aux bruits aléatoires, c'est-à-dire les paramètres environnementaux qui ne sont pas sous le contrôle des producteurs.

Quant à l'efficacité allocative, c'est la fonction frontière de coût dual de types Cobb-Douglas qui a été utilisée pour estimer les efficacités à cause des problèmes de convergence non atteinte avec le modèle translogarithmique.

La spécification de la fonction frontière de coût dual se présente comme suit :

$$\ln C_{it} = \ln \alpha_0 + \beta \ln Y_{it} + \sum_{i=1}^k \alpha_i \ln p_{it} + v_{it} + u_{it},$$

avec C_{it} : les coûts variables totaux de production à l'hectare de l'exploitation i au temps t , Y_{it} = rendement de grande morelle de l'exploitation i au temps t et (p_1, p_2, \dots, p_n) , le vecteur de prix des différents facteurs de production, v_{it} et u_{it} représentent respectivement le bruit aléatoire et les inefficacités. Dans le cas de l'estimation de l'efficacité allocative de grande morelle, les différents paramètres ont été codés comme suit :

- **Variable dépendante : coûts variables totaux de production à l'hectare (Fcfa) codé Ctha**

- **output** = Rendement de morelle (en Kg/ha) codé qrend.

- **Input 1** = Prix du Litre d'insecticide (en Franc CFA) codé pinsect.

- **Input 2** = Prix du Kg de fongicide (en Franc CFA) codé pfongi.

- **Input 3** = Le coût de la main d'œuvre (Fcfa/Hj) codé pmo.

- **Input 4** = Prix du Kg de semence (en Franc CFA) codé psem.

- **Input 5** = Prix du Kg d'engrais minéraux (en Franc CFA) codé pengchim.

- **Input 7** = Prix du Kg d'engrais organiques (en Franc CFA) codé pengorg.

L'estimation de l'efficacité allocative a été faite en considérant que les semences ne sont plus payées financièrement à partir de la deuxième période et par conséquent $lpsem = 0$ pour chaque exploitation.

3.3.3.2. Les variables servant à l'analyse des déterminants des efficacités (modèle tobit)

Pour l'analyse des variables expliquant les efficacités, le modèle tobit a été choisi, ceci en fonction du caractère des variables dépendantes (efficacités) qui se présentent comme des

fréquences relatives et peuvent aussi être censurées (les données prenant une certaine valeur peuvent être limitée).

Le modèle de régression Tobit peut formellement être présenté comme suit. Une variable appelée $Effic_i^*$ est présumée dépendre d'un certain nombre de variables indépendantes regroupées dans le vecteur X_i , dont les effets sont regroupés dans le vecteur β . On présume que les valeurs observées de $Effic_i^*$, sont la combinaison de la valeur prédite par la composante déterministe du modèle $X_i\beta$, et d'un résidu, ε_i , dont la valeur varie de manière aléatoire pour chaque individu. Cependant, on suppose que la variable $Effic_i^*$ n'est pas observable directement, mais qu'on observe plutôt la variable $Effic_i$ (Djimasra, 2009). Le modèle Tobit peut s'écrire :

$$Effic_i^* = \alpha + X_i\beta + \varepsilon_i,$$

Où $Effic_i^*$ est la variable latente des scores d'efficacité et X_i est le vecteur des variables explicatives.

$$Effic_i = 0 \text{ si } Effic_i^* \leq 0$$

$$Effic_i = Effic_i^* \text{ si } 0 \leq Effic_i^* \leq 1$$

$$Effic_i = 1 \text{ si } Effic_i^* \geq 1$$

Le modèle Tobit à effets aléatoires comprend tout d'abord une équation qui relie la variable dépendante du modèle, $Effic_i^*$, aux variables indépendantes, auxquelles s'ajoutent à la fois un effet aléatoire et un résidu :

$$Effic_i^* = \alpha + X_i\beta + \varepsilon_i.$$

Dans l'équation, $Effic_i^*$ représente la valeur que peut prendre la variable latente continue pour l'observation de l'individu i , α représente la valeur de l'ordonnée à l'origine, X_i désigne l'ensemble des variables indépendantes telles que mesurées pour l'individu i , β est le vecteur des coefficients affectant ces variables à estimer et ε_i constitue l'erreur du modèle, qui diffère pour chaque observation. ε_i est distribué selon une loi $N(0, \sigma_\varepsilon^2)$. Le modèle utilisé peut donc s'écrire :

$$Effic_i^* = \alpha + \beta_1 AGE_i + \beta_2 EXPE_i + \beta_3 OPA_i + \beta_4 NIVINSTR2_i + \beta_5 NIVINSTR3_i + \beta_6 NIVINSTR4_i + \beta_7 FPRO_i + \beta_8 SUP_i + \beta_9 SITE2_i + \beta_{10} SITE3_i + \beta_{11} PARTREV_i + \beta_{12} SEX_i + \beta_{13} CONCERPA_i + \varepsilon_i.$$

La définition des variables a été faite comme suit :

AGE : âge de l'exploitant en années

EXPE : Expérience dans la production de la grande morelle en années

OPA : Appartenance à une organisation de producteurs agricoles (1=Oui, 0=Non)

NIVINSTR : Niveau d'instruction (la référence est NIVINSTR1=Non instruit ; NIVINSTR2= Primaire; NIVINSTR3= Secondaire; NIVINSTR4=Supérieur)

FPRO : Formation professionnelle dans le domaine du maraîchage (1=Oui, 0=Non)

SUP : Superficie emblavée

SITE : Site de production (la référence est SITE1=Houéyiho ; SITE2=Sèmè-kpodji ; SITE3=Ouidah)

PARTREV : Part de la production de la grande morelle dans le revenu

SEX : Sexe (1=Masculin, 0=Féminin)

CONCERPA : Contact avec les agents de vulgarisation du CeCPA. (1=Oui, 0=Non)

3.3.4. Méthodes d'analyse des échantillons de légumes, d'eaux et de sols prélevés

3.3.4.1. Méthode de dosage des pesticides

L'analyse des résidus de pesticide a été faite à l'aide de larves de moustiques prises comme indicateur biologique de détection. La méthode de dosage de résidus utilisée par bio-indicateur (larves L1 d'*Aedes aegypti*) a été décrite par Martin *et al* (2007) pour quantifier les pyréthrinoides sur moustiquaires imprégnés.

Cette méthode ne vise pas à identifier toutes les molécules présentes, mais à comparer l'importance de la réponse toxique observée sur des larves d'*Aedes aegypti* avec celle d'une molécule de référence qui sera appelé « équivalent deltaméthrine ». La deltaméthrine a été utilisée comme molécule sentinelle en raison de sa forte toxicité (CL₅₀ de 0,4 µg/L) sur les larves d'*Aedes aegypti* souche de référence S-Be (Souche du Bénin), mais aussi parce qu'elle fait partie de la famille des pyréthrinoides fréquemment utilisés au Bénin, seuls ou en association avec des organophosphorés, pour la protection des cultures maraîchères.

Pour chaque échantillon 0,25 grammes de légumes ou 50 cm³ de sols pesés ont été mis dans un tube dans lequel on a ajouté respectivement 10 ml et 100 ml d'éthanol afin d'extraire les résidus de pesticides en 24 h (Photo 1). Un volume de 0,1 ml d'extrait a été ajouté au contenu d'un gobelet en polystyrène contenant 9,9 ml d'eau avec 20 larves de stade 1 d'*Aedes aegypti* (trois répétitions pour chaque échantillon) (Photo 2). Le comptage de la mortalité a été fait 24 h après application. Le test a été repris avec deux dilutions 1/10 et 1/100 en cas de mortalité totale. La mortalité naturelle a été prise en compte par des tests à l'eau distillée contenant 1% d'éthanol. Une formulation commerciale de PLAN-D25EC composée de deltaméthrine à 25 g/l a été utilisée pour établir la droite d'étalonnage sur les larves d'*Aedes*

aegypti. Une dilution au 1/400000 dans l'eau distillée a préalablement été réalisée pour pouvoir ensuite faire une série de dix dilutions successives donnant une mortalité comprise entre 1% et 99% (Photo 3). Les teneurs résiduelles en pesticides présentes dans les feuilles de légumes ont été évaluées en nanogramme par gramme d'équivalent-deltaméthrine à partir de la courbe d'étalonnage. Une formulation commerciale de PYRIFORCE 480EC composée de chlorpyrifos-éthyl à 480 g/l a été aussi utilisée pour établir la droite d'étalonnage sur les larves d'*Aedes aegypti*. Une dilution au 1/480000 de cette formulation dans l'eau distillée a été réalisée pour faire une série de dilutions successives donnant une mortalité comprise entre 1% et 99% des larves d'*A. aegypti* au contact du chlorpyrifos-éthyl. La CL₅₀ du chlorpyrifos-éthyl sur *A. aegypti* est de 4,4 µg/L.

Quant aux échantillons d'eaux, un volume de 5 ml a été ajouté au contenu d'un gobelet en polystyrène contenant 5 ml d'eau avec 20 larves de stade 1 d'*Aedes aegypti* (trois répétitions pour chaque échantillon). Le comptage de la mortalité a été fait 24 h après application.

Les mêmes expériences ont été faites avec trois souches d'*Anopheles gambiae* pour constituer une galerie d'identification des familles chimiques présentes dans les échantillons.



Photo 1: Extraits éthyliques des résidus de pesticides contenus dans des légumes



Photo 2: Distribution des échantillons dans des gobelets contenant 9,9 ml d'eau+20 larves L1 d'*Aedes aegypti*

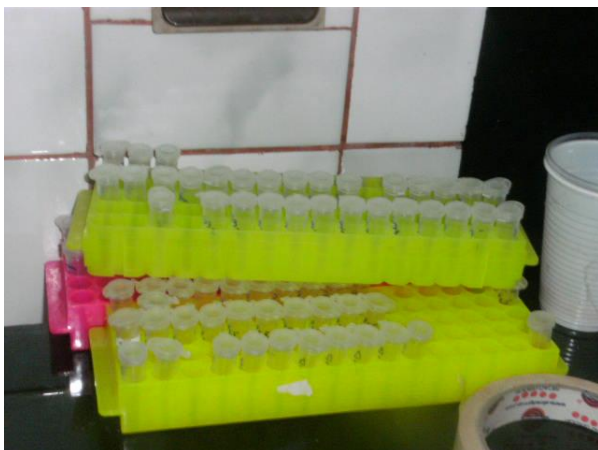


Photo 3: Préparation des dilutions de deltaméthrine et de chlorpyrifos-éthyl

3.3.4.2. Dosage des nitrates (NO_3^-)

Les teneurs en nitrates dans les échantillons de sols et d'eaux ont été dosées par la méthode de réduction au cadmium. Le cadmium réduit le nitrate en nitrite (Centre d'Expertise en Analyse Environnementale du Québec, 2004). L'ion nitrite réagit avec l'acide sulfanilique pour former un sel de diazonium intermédiaire. Ce dernier réagit avec l'acide gentisique pour former un complexe coloré ambre. La lecture est obtenue à 400 nm.

3.3.4.3. Dosage des nitrites (NO_2^-)

Les teneurs en nitrates dans les échantillons de sols et d'eaux ont été dosées par diazotation. Le nitrite présent réagit avec l'acide sulfanilique pour former un sel intermédiaire de diazonium (Centre d'Expertise en Analyse Environnementale du Québec, 2004). Ce dernier se combine à l'acide chromotrope pour produire un complexe de couleur rose dont l'intensité est directement proportionnelle à la concentration de nitrite dans la solution. La lecture est obtenue à la longueur d'onde de 507 nm.

3.3.4.4. Dosage des phosphates (PO_4^{3-})

Les teneurs en phosphates dans les échantillons de sols et d'eaux ont été dosées respectivement par la méthode de réduction par acide ascorbique après minéralisation (Centre d'Expertise en Analyse Environnementale du Québec, 2007). L'orthophosphate réagit avec le molybdate en milieu acide pour produire un complexe mixte phosphate-molybdate. Ensuite,

l'acide ascorbique réduit le complexe, provoquant une forte coloration bleue due au molybdène. La lecture est obtenue à 880 nm.

3.3.4.5. Analyses des facteurs déterminant la mortalité des larves L1 d'*Aedes aegypti* au contact des sols

Le logiciel SPSS 12.0 a été utilisé pour réaliser les analyses statistiques. Une régression linéaire multiple a été effectuée pour identifier les paramètres déterminant la mortalité des larves L1 d'*Aedes aegypti* au contact des sols prélevés sur sites maraîchers afin de vérifier l'hypothèse émise selon laquelle des teneurs importantes en nitrites, nitrates et phosphates dans les sols pourraient influencer la mortalité des larves L1 d'*Aedes aegypti* donc les résultats d'analyse de résidus de pesticides dans les sols par le bioindicateur.

3.3.5. Indicateurs de Durabilité de la Production Maraîchère (IDPM)

Comme l'IDEA, l'IDPM est une méthode d'approche écosystémique et quantitative qui a été mise au point au sein d'un groupe de travail pluridisciplinaire. Cette grille permet d'évaluer quantitativement, pour une parcelle ou une exploitation maraîchère, des pratiques susceptibles d'aller dans le sens du développement durable. Pour cela, 40 indicateurs ont été élaborés. L'évaluation se fait sur trois échelles de durabilité de même poids et variant de 0 à 100 : échelle de durabilité agroécologique (impact environnemental des activités de l'exploitation sur le territoire et les milieux naturels) ; échelle de durabilité socioterritoriale (insertion de l'exploitation dans son territoire) et échelle de durabilité économique (fonctionnement économique de l'exploitation). Chaque échelle de durabilité est subdivisée en trois ou quatre composantes qui caractérisent le plus un système agricole durable. L'échelle de durabilité agroécologique analyse la propension du système technique à combiner valorisation efficace des ressources du milieu, coût écologique et viabilité technico-économique (M'Hamdi *et al.*, 2009). L'échelle de durabilité socioterritoriale est analysée au moyens d'indicateurs qui favorisent les objectifs de développement humain, la qualité de vie, d'emploi et développement local, d'éthique et de citoyenneté (Vilain *et al.*, 2008). L'échelle de durabilité économique analyse les performances du système de production à moyen et long terme à travers la viabilité, la transmissibilité, l'indépendance et l'efficacité du système. L'ensemble des dix composantes de durabilité sont subdivisées en indicateurs. Au total on obtient 40 indicateurs composés eux-mêmes de plusieurs items.

•**Trois composantes environnementales** (15 indicateurs)

- Diversité écologique (30 unités de points et 5 indicateurs)
- Organisation spatiale (25 unités de points et 3 indicateurs)
- Pratiques agricoles (45 unités de points et 7 indicateurs)

•**Trois composantes socioterritoriales** (19 indicateurs)

- Développement humain (34 unités de points et 6 indicateurs)
- Gestion de la production (33 unités de points et 6 indicateurs)
- Emploi et développement local (33 unités de points et 7 indicateurs)

•**Quatre composantes économiques** (6 indicateurs)

- Viabilité (30 unités de points et 2 indicateurs)
- Transmissibilité (20 unités de points et 1 indicateur)
- Indépendance (25 unités de points et 2 indicateurs)
- Efficience (25 unités de points et 1 indicateur)

Objectifs de l'échelle agroécologique

- Valoriser et respecter les ressources naturelles (quantité des eaux : gestion de l'irrigation, choix des spéculations et des systèmes, qualité des eaux : pesticides, nitrates, métaux lourds, érosion)
- Contribuer par la production à la biodiversité locale (multiplicité des cultures végétales et gestion des écosystèmes locaux)
- Diminuer la dépendance énergétique (consommation et production d'énergie) et diminuer les impacts sur le changement climatique (diminution des gaz à effets de serre)
- Gérer le potentiel des sols et limiter l'érosion
- Gérer les effluents et les déchets

Objectifs de l'échelle socioterritoriale

- Maintenir ou créer de l'emploi durable
- Améliorer les conditions de travail (hygiène et sécurité)
- Assurer les liens au territoire par l'activité économique (vente ou achat de produits ou services)
- Entretenir des relations avec les habitants du territoire (accueil, visites, gestion des accès) et s'impliquer dans la vie sociale locale

- Créer et entretenir le paysage, le patrimoine et le cadre de vie (haies, insertion de bâtiments, chemins)
- S'impliquer dans l'organisation collective professionnelle
- Répondre aux attentes des consommateurs (sécurité, qualité)

Objectifs de l'échelle économique

- Maîtriser les charges et investissements
- Augmenter la valeur ajoutée
- Evaluer la dépendance vis-à-vis des aides
- Diminuer la vulnérabilité par rapport au marché
- Conforter et sécuriser le revenu
- Favoriser la transmission

Résultats et utilisation

La durabilité globale d'une exploitation est égale à la plus petite valeur parmi les trois dimensions de la durabilité. Les trois dimensions ne se compensent pas. La durabilité globale est limitée par la durabilité des dimensions.

Lorsque tous les indicateurs sont calculés, ils peuvent être mis en forme pour donner à un moment donné, c'est-à-dire celui de l'enquête, une photographie de l'exploitation vue sous l'angle de sa durabilité.

- Pour une exploitation individuelle

La présentation en histogramme des trois échelles de durabilité permet de situer la dimension qui sera limitante pour la durabilité.

La présentation en radar est une physionomie plus détaillée de l'exploitation en situant chacune des 10 composantes.

Pour chaque composante, il est également possible d'étudier chaque indicateur, de voir ceux qui jouent favorablement ou défavorablement sur le score et ainsi d'identifier les points sur lesquels on peut progresser.

Etablie à plusieurs années d'intervalle, la grille doit permettre de mesurer l'évolution d'une exploitation.

- Pour un groupe d'exploitations : l'IDPM permet :

De caractériser certains systèmes de production maraîchère

De comparer les systèmes entre eux et d'alimenter la réflexion d'un groupe de chercheurs et de maraîchers

D'identifier des pistes de développement à travailler.

De sensibiliser les producteurs maraîchers au concept de Développement Durable.

INDICATEURS DE DURABILITE DE LA PRODUCTION MARAICHERE (IDPM)

I- DURABILITE AGROECOLOGIQUE (100pts)

1-1-Diversité écologique (30 pts)

A1- Diversité des cultures locales (0 à 8 pts)

1 pt par espèce de légume cité

Par variété supplémentaire : 1 pt

Si présence de légumineuses (arachide, niébé) dans l'assolement (1 pt supplémentaires)

Moins de 10% de l'assolement : 1 pt

10% à 20% de l'assolement : 2 pts

Objectifs : Cet indicateur vise à préserver la biodiversité des légumes traditionnels et à favoriser la cohérence technique et la fertilité des sols. En effet, plus un système est diversifié, plus il est capable de combiner des productions complémentaires qui limitent les fluctuations économiques, valorisant les reliquats des cultures précédentes, rompent les cycles parasites et protègent les sols de l'érosion (Vilain *et al.*, 2008).

A2- Diversité des cultures exotiques (0 à 8 pts)

1pt par espèce cité

Par variété supplémentaire : 1

Si présence de légumineuses (haricot vert) : 1 pt supplémentaire

Objectifs : Tout comme A1, il vise à préserver la biodiversité des légumes exotiques et à favoriser la cohérence technique et la fertilité des sols.

A3- Diversité végétale associée (0 à 2 pts)

Si présence des arbres d'embellissement

Oui : 2

Non : 0

Objectifs : Il vise à préserver la biodiversité, la protection des sols contre l'érosion et la qualité du paysage.

A4- Valorisation et conservation du patrimoine génétique (0 à 5 pts)

- 1pt par espèce/variété régionale dans sa région d'origine
- (- 3 pts) par variété transgénique

Objectifs : Il vise à préserver la biodiversité domestique de la région et le capital spécifique naturel de la planète.

A5- Préservation de la biodiversité (0 à 7 pts)

- Agriculture biologique (7 pts)
- Utilisation d'engrais organiques (3 pts)
- Utilisation d'engrais chimiques (- 2 pts)
- Utilisation de pesticides naturels (3 pts)
- Utilisation de pesticides chimiques très toxiques (- 3 pts)
- Utilisation de pesticides chimiques toxiques (- 2 pts)
- Utilisation de pesticides chimiques peu toxiques (- 1 pts)

Objectifs : Il vise à préserver la biodiversité domestique des sols (vers de terre et décomposeurs), ce qui constitue un potentiel pour la fertilité des sols.

1-2-Organisation spatiale (25 pts)

A6- Assolement (10 pts)

- Culture principale inférieure à 10% de la surface assolable : 10 pts
- Culture principale inférieure à 15% de la surface assolable : 09 pts
- Culture principale inférieure à 20% de la surface assolable : 08 pts
- Culture principale inférieure à 25% de la surface assolable : 07 pts
- Culture principale inférieure à 30% de la surface assolable : 06 pts
- Culture principale inférieure à 35% de la surface assolable : 05 pts
- Culture principale inférieure à 40% de la surface assolable : 04 pts
- Culture principale inférieure à 45% de la surface assolable : 03 pts
- Culture principale inférieure à 50% de la surface assolable : 02 pts
- Culture principale supérieure à 50% de la surface assolable : 0 pt
- Présence significative d'une culture en mixité intraparcellaire : 02 pts

Objectifs : Il vise la cohérence technique, la préservation de la biodiversité domestique cultivée et la qualité.

A7- Dimension des parcelles (10 pts)

Parcelles de dimension inférieure à :

- 200m² : 1 pts
- 500m² : 2 pts
- 1000m² : 3 pts

- 1500m² : 4pts
- 2000m² : 5pts
- 2500m² : 6 pts
- 3000m² : 7pts
- 5000m² : 1pt
- Plus de 5000m² : 10 pts

Objectifs : Il intéresse la cohérence technique, la préservation de la biodiversité domestique cultivée, la transmissibilité et l'efficacité des ressources engagées. Une exploitation de grande taille favorise un assolement complexe et favorise la diversification et donc de longues rotations culturales.

A8- Rotation ou succession culturale (5pts)

- Rotation de 50% de la surface assolable : (5 pts)
- Rotation de 40% de la surface assolable : (4 pts)
- Rotation de 30% de la surface assolable : (3 pts)
- Rotation de 20% de la surface assolable : (2 pts)
- Rotation de 10% de la surface assolable : (1 pt)
- Rotation de moins de 10% de la surface assolable : (0 pt)

Objectifs : Il vise la cohérence technique, la préservation de la biodiversité domestique des sols ainsi que la qualité de l'eau. Une forte rotation entraîne une rupture des cycles de développement des parasites, réduit les infestations parasitaires et attaques de ravageurs et donc les risques sanitaires et environnementaux liés à l'usage des pesticides chimiques.

1-3-Pratiques agricoles (45 pts)

A9- Fertilisation (12 pts)

- Utilisation de déjections de volaille (fumier) : 7pts
- Utilisation de compost végétal : (5 pts)
- Utilisation d'urée en dose recommandée: (-1 pts)
- Utilisation d'urée en quantité supérieure à la dose recommandée: (-3 pts)
- Utilisation de NPK en dose recommandée: (-1 pt)
- Utilisation de NPK en quantité supérieure à la dose recommandée: (-3 pts)
- Utilisation d'urée et/ou NPK à proximité d'un cours d'eau: (-4 pts)

Objectifs : Il intéresse la cohérence technique, la préservation de la biodiversité domestique des sols ainsi que la qualité de l'eau. Une fertilisation organique augmente la porosité du sol ainsi que son activité biologique. Une forte fertilisation minérale détruit la structure du sol et augmente les risques d'érosion et menace la qualité des ressources en eau.

A10- Protection des végétaux (12 pts)

- Lutte biologique et zéro pesticide (12 pts)
- Utilisation de pesticides naturels (feuilles de neem ou papaye etc...) (10 pts)
- Utilisation de biopesticides (10 pts)
- Lutte chimique (calcul du Degré de respect des prescriptions phytosanitaires
"DRPP " = Dose appliquée de pesticides chimiques/Dose homologuée)

DRPP =1 (10pts)

1-1,1 (8pts)

1,1-1,2 (6pts)

1,2-1,4 (4pts)

1,4-1,6 (2pts)

1,6-1,8 (1pt)

1,8-2,0 (0pt)

2-2,5 (-1pt)

2,5-3 (-2pts)

3-3,5 (-3pts)

3,5-4 (-4pts)

Supérieure à 50 (-5pts)

- Réglage du pulvérisateur par organisme agréé (1pt)
- Dispositif de récupération et de traitement de fonds de cuve (1pt)
- Utilisation de produits très toxiques (-3 pts)
- Utilisation de produits toxiques (-2 pts)
- Utilisation de produits peu toxiques (-1 pts)
- IFTpest annuel (Indice de Fréquence de Traitement pesticide) < 5 : 8 pts
- 5< IFTpest annuel< 10 : 5 pts
- 10< IFTpest annuel< 15 : 3 pts
- 15< IFTpest annuel< 20 : 1 pt
- IFTpest annuel> 20 : 0 pt

Objectifs : Il vise la cohérence technique, l'efficacité, la préservation de la biodiversité domestique et celle des sols ainsi que la qualité de l'eau et de l'air. Une lutte conventionnelle entame le potentiel des générations futures parce qu'elle constitue un risque pour la biodiversité et la santé humaine. Elle affecte la qualité des légumes produits, la qualité des ressources en eau et l'activité biologique du sol.

A11- Protection du sol (3 pts)

- Technique de labour profond sur 30 à 50% de la surface assolée : 1pt
- Technique de labour profond sur 50 à 80% de la surface assolée : 2pts
- Technique de labour profond supérieure à 80% de la surface assolée : 3pts
- Sols nus inférieurs à 30% : 2 pts
- Forte érosion : -1pts
- Défrichage : -3pts
- Utilisation d'herbicide et/ou nématicide : -3pts

Objectifs : cohérence technique, autonomie, préservation de la biodiversité des sols et qualité de l'air.

A12- Gestion de l'eau (3pts)

- Pas d'irrigation : 3 pts
- Irrigation sur au moins 1/3 de la surface assolable : 1pt
- Prélèvements cours d'eau : 1pt
- Utilisation d'intrants chimiques en exploitation à proximité de cours d'eau : -2pts
- Puits : 2 pts
- Forage : 1 pt

Objectifs : cohérence technique, efficacité, préservation des sols et qualité de l'eau et de l'air.

A13- Dépendance énergétique (3pts)

- Non : 3 pts
- Eolienne, biocarburant, biogaz : 2 pts
- Essence, gazole, pétrole, énergies fossiles : 0 pt

Objectifs : cohérence technique, efficacité, autonomie et qualité de l'air.

A14- Gestion des emballages de produits chimiques (8pts)

- Pas de produits chimiques : 8 pts
- Stockage de produits ou emballages en magasin : 4 pts
- Stockage de produits ou emballages dans le jardin : 2 pts

- Stockage de produits ou emballages en chambre : -2 pts
- Rejet d'emballages dans les cours d'eau : -2 pts
- Réutilisation ou recyclage d'emballages : 2 pts
- Enterrement d'emballages : -1 pts
- Brûlage d'emballages :- 2 pts

Objectifs : Il vise la préservation de la biodiversité et la qualité de vie.

A15- Gestion des matières organiques (4pts)

- Compostage : 4 pts
- Transfert sur d'autres sites : 2 pts
- Brûlage : -2 pts

Objectifs : cohérence technique, préservation de la biodiversité, qualité des sols et qualité de vie.

II- DURABILITE SOCIO-TERRITORIALE (100 pts)

2-1-Développement humain (34 pts)

B1- Contribution à l'équilibre alimentaire (7 pts)

- Production commercialisée à plus de 80% : 7 pts
- Production commercialisée entre 70% et 80% : 6 pts
- Production commercialisée entre 60% et 70% : 5 pts
- Production commercialisée entre 50% et 60% : 4 pts
- Production commercialisée entre 40% et 50% : 3 pts
- Production commercialisée entre 20% et 40% : 2 pts
- Production commercialisée entre 10% et 20% : 1 pt
- Production commercialisée à moins de 10% : 0 pt

Objectifs : Il vise la cohérence citoyenne, la qualité des aliments, le développement humain et l'autonomie. Les exploitations maraîchères participent à la sécurité alimentaire de la localité ou de la région dans laquelle elles sont implantées.

B2- Formation (5 pts)

- Nombre de jours de formations annuelles supérieur ou égal à 4 : 4 pts
- Nombre de jours de formations annuelles égal à 3 : 3 pts
- Nombre de jours de formations annuelles égal à 2 : 2 pts
- Nombre de jours de formations annuelles égal à 1 : 1 pt
- Nombre de jours de formations annuelles égal à 0 : 0 pt

- Accueil de stagiaires (2 semaines/an) : 2 pts
- Accueil de groupes de professionnels, étudiants ou chercheurs : 2 pts

Objectifs : cohérence technique, qualité de vie, développement humain, développement local, emploi et adaptabilité.

B3- Cadre de travail (7 pts)

- Propriétaire de la parcelle : 2 pts
- Bail de la parcelle : 1 pt
- Location de la parcelle : 0 pt
- Stress au travail: 0 pt
- Pas de stress au travail : 2 pts
- Propriétaire de la parcelle : 2 pts
- Nombre de semaines/an de surcharge supérieur à 8 : 0 pt
- Nombre de semaines/an de surcharge entre 6 à 8 : 1 pt
- Nombre de semaines/an de surcharge entre 3 à 5 : 2 pts
- Nombre de semaines/an de surcharge entre 0 à 2 : 3 pts

Objectifs : pérennité, cohérence technique, qualité de vie, développement humain, développement local, l'emploi et l'adaptabilité.

B4- Qualité de vie (4 pts)

A dire d'agriculteur

- Très bonne : 4 pts
- Bonne : 2 pts
- Mauvaise : 0 pt
- Maladie relative à l'utilisation des pesticides : - 4pts

Objectifs : qualité de vie, développement humain et éthique.

B5- Hygiène et sécurité au travail (8 pts)

- Port d'équipements complets : 6 pts
- Port de masques : 2 pts
- Port de chemises manche longue : 1 pt
- Port de pantalon : 1 pt
- Port de chaussures fermées : 1 pt
- Port de gants : 1 pt
- Se laver après pulvérisation : 2 pts
- Aspersion par feuillage : -3 pts

- Prise d'alcool : -3 pts
- Prise de médicaments : -3 pts
- Prise de stimulants : -5 pts

Objectifs : qualité de vie, développement humain et développement local.

B6- Isolement géographique et socioculturel (3 pts)

A dire d'agriculteur

- Pas d'isolement : 3 pts
- Faible isolement : 1 pt
- Très fort isolement : 0 pt

Objectifs : qualité de vie, développement humain et développement local.

2-2-Gestion de la production (33 pts)

B7- Qualité des aliments (12 pts)

- Agriculture biologique : 8 pts
- Démarche de traçabilité : 4 pts
- Norme ISO : 4 pts
- Utilisation de déchets ménagers non traités pour la fertilisation : 2 pts
- Production en zone industrielle (présence de métaux lourds) : 1 pt
- Moins de 3 traitements par mois : 2 pts
- Plus de 3 traitements par mois : 0 pts
- Délai de carence supérieur à 10 j : 3 pts
- Délai inférieur à 10 j : 0 pt
- Produits persistants : -2 pts

Objectifs : qualité des aliments, cohérence, éthique, citoyenneté, développement humain et développement local.

B8- Gestion des déchets non organiques issus de la production (8pts)

- Gestion respectueuse de l'environnement : 8 pts
- Gestion peu respectueuse de l'environnement : 4 pts
- Gestion non respectueuse de l'environnement (stockage en chambre) : -2 pts

Stockage dans un local réservé à cela : 4

Réutilisation /valorisation sur l'exploitation : 4

Tri sélectif et élimination par collecte collective : 4

Brûlage, enfouissement, rejet dans la nature : - 2

Objectifs : préservation de la biodiversité, ressources non renouvelables, qualité de l'eau, paysage, cohérence, éthique, citoyenneté et développement local.

B9- Accueil clients et visiteurs (3 pts)

- Bon accueil : 3 pts
- Accueil froid : 1 pt
- Mauvais accueil : 0 pt

Objectifs : cohérence, éthique, développement humain et développement local.

B10- Accessibilité de l'espace (aménagement de voies d'accès) : 4 pts

- Entretien des chemins d'accès : 4 pts
- Chemins peu praticables : 2 pts
- Chemins impraticables (touffes d'herbes) : 0 pt

Objectifs : cohérence, éthique, qualité de vie, citoyenneté et développement local.

B11- Force du réseau de relation entre exploitant, clients et fournisseurs et autres partenaires (3pts)

A dire d'agriculteur

- Forte : 3 pts
- Moyenne : 1 pt
- Faible : 0 pt

Objectifs : cohérence, éthique, qualité des aliments, citoyenneté et développement local.

B12- Information du consommateur sur la qualité des produits (3 pts)

A dire d'agriculteur

- Assistance de clients au processus de production : 3 pts
- Clients informés sur le processus de production : 2 pts
- Clients non informés : 0 pt
- Satisfaction des clients : 2 pts
- Clients non satisfaits : 0 pt

Objectifs : éthique, qualité des aliments, citoyenneté et développement local.

2-3-Emploi et développement local (33 pts)

B13- Valorisation par filière courte (5 pts)

- Vente directe constituant moins de 5% du chiffre d'affaires : 0 pt
- Vente directe constituant 5% à 20% du chiffre d'affaires : 1 pt
- Vente directe constituant 20% à 40% du chiffre d'affaires : 2 pts

- Vente directe constituant 40% à 60% du chiffre d'affaires : 3 pts
- Vente directe constituant 60% à 80% du chiffre d'affaires : 4 pts
- Vente directe constituant plus de 80% du chiffre d'affaires : 5 pts

Objectifs : emploi, qualité des aliments, efficience, citoyenneté et développement local.

B14- Contribution directe ou indirecte à l'emploi (7 pts)

- 1 pt par employé temps plein
- 1 pt par 3 employés temps partiel

Objectifs : emploi, citoyenneté, développement humain et développement local.

B15- Travail collectif (6 pts)

- Mise en commun des équipements de travail : 2 pts
- Banque de travail (entraide de plus de 10 j/an) : 3 pts
- Banque de travail (entraide de 5 à 10 j/an) : 2 pts
- Banque de travail (entraide de 1 à 5 j/an) : 1pt

Objectifs : qualité de vie, citoyenneté, le développement humain et développement local.

B16- Pérennité probable (3 pts)

A dire d'agriculteur

Existence quasi certaine de l'exploitation dix ans **3**

Existence probable : **2**

Existence souhaitée si possible : **1**

Disparition probable d'ici dix ans **0**

Objectifs : qualité de vie, emploi et développement local.

B17- Acceptabilité de l'implantation par le voisinage et autres usagers (3pts)

A dire d'agriculteur

- Acceptabilité par l'entourage : 3 pts
- Acceptabilité mitigé : 1 pt
- Non acceptabilité par l'entourage : 0 pt

Objectifs : qualité de vie, citoyenneté, paysage, préservation des ressources non renouvelables, préservation de la biodiversité, qualité des sols et de l'eau ainsi que le développement local.

B18- Implication sociale (vie associative) : 7 pts

- Implication dans des structures associatives ou électives professionnelles :

2 pts par association

- Responsabilité dans une structure : 1 pt
- Habitation sur ou à proximité de l'exploitation : 1 pt

Objectifs : Il vise la qualité de vie, la citoyenneté, et le développement local.

B19- Participation à l'élaboration des politiques et normes propres à la filière (2 pts)

- Oui : 2 pts
- Parfois : 1 pt
- Non : 0 pt

Objectifs : cohérence, adaptabilité, citoyenneté, et développement local.

III- DURABILITE ECONOMIQUE (100 pts)

3-1-Viabilité (30 pts)

C1- Viabilité économique (20 pts)

- $VE = (EBE - BF) / UTAF$ non-salarié
- VE : Moins de 1 Smig annuel net : **0**
- de 1 à 1,5 Smig : **1**
- de 1,5 à 2,0 Smig : **2**
- de 2,0 à 2,5 Smig : **5**
- de 2,5 à 3,0 Smig : **8**
- de 3,0 à 3,5 Smig : **10**
- de 3,5 à 4,0 Smig : **12**
- de 4,0 à 4,5 Smig : **14**
- de 4,5 à 5,0 Smig : **16**
- de 5,0 à 5,5 Smig : **18**
- de 5,5 à 6,0 Smig : **19**
- Plus de 6 Smig : **20**

Objectifs : cohérence, adaptabilité, qualité de vie, et développement local.

EBE=Excédent brut d'exploitation=valeur ajoutée+subventions-frais personnel-impôts et taxes

BF=Besoin de financement=amortissement+annuités+consommations intermédiaires

UTAF=Unité de travail agricole familiale évaluée en homme-jour.

L'indicateur exprime le résultat par actif de l'exploitation finançant les prélèvements privés.

C2- Diversification de la production (taux de spécialisation) : 10 pts

La plus importante production (primes comprises) :

- moins de 25% du CA : **8**
- entre 25% et 50% du CA : **4**
- entre 50 et 80% du CA : **2**
- plus de 50% du CA : **0**

Le plus important client achète :

- moins de 25% du CA : **4**
- de 25 à 50% du CA : **2**
- plus de 80% du CA : **0**

Objectifs : cohérence, adaptabilité.

Une exploitation diversifiée, moins spécialisée est moins fragile et résiste aux conjonctures ou aux contraintes économiques.

3-2-Transmissibilité (20 pts)

C 3- Transmissibilité (20 pts)

- Nombre de membres de famille travaillant en plein temps l'année (N)
- Viabilité économique (VE)

VE	N	Transmissibilité
>5,2	5 et plus	20
	2 à 4	15
	0 à 1	10
$3,2 < VE \leq 5,2$	5 et plus	15
	2 à 4	10
	0 à 1	5
$1,2 < VE \leq 3,2$	5 et plus	10

	2 et 4	5
	0 et 1	3
VE _{≤1,2}		0

Objectifs : Il vise la cohérence, l'adaptabilité, la qualité de vie, l'emploi et le développement local.

La transmissibilité en Afrique tropicale se fait souvent de père en fils ou entre membre d'une même famille. Pour qu'une exploitation soit transmissible économiquement, il faudrait qu'elle soit viable économiquement et que la main d'œuvre familiale soit importante.

3-3-Indépendance (25 pts)

C4- Autonomie financière (15 pts)

Dépendance financière (DF) = Σ Annuités / EBE :

- DF inférieure à 20% : **15**
- comprise entre 20 et 25% : **12**
- comprise entre 25 et 30% : **9**
- comprise entre 30 et 35% : **6**
- comprise entre 35 et 40% : **3**
- supérieure à 40% : **0**

Objectifs : cohérence, adaptabilité, qualité de vie autonomie.

Cet indicateur apprécie la capacité de l'exploitation à résister face aux crises financières.

C5- Recours aux aides financières (Sensibilité aux aides) : 10 pts

Sensibilité aux aides (SA)

SA = Σ aides directes / EBE

- SA inférieure à 20% : **10**
- comprise entre 20 et 40% : **8**
- comprise entre 40 et 60% : **6**
- comprise entre 80 et 100% : **2**
- supérieure à 100% : **0**

Objectifs : cohérence, adaptabilité et autonomie.

Cet indicateur apprécie la dépendance de l'exploitation aux aides publiques.

3-4-Efficience (25 pts)

C6- Utilisation des ressources dans le processus productif (25 pts)

Efficiencie = (Produit – Intrants) / Produit

- inférieure à 10% : **0**
- comprise entre 10 et 20% : **3**
- comprise entre 20 et 30% : **6**
- comprise entre 30 et 40% : **9**
- comprise entre 40 et 50% : **12**
- comprise entre 50 et 60% : **15**
- comprise entre 60 et 70% : **18**
- comprise entre 70 et 80% : **21**
- comprise entre 80 et 90% : **24**
- supérieure à 90% : **25**

Objectifs : Il vise la cohérence, l'efficience, la gestion des ressources non renouvelables et l'autonomie.

Cet indicateur apprécie la rentabilité de l'exploitation en se référant au chiffre d'affaire.

Après ce chapitre qui traite de la démarche méthodologique de l'étude, le suivant abordera le premier chapitre de résultats qui porte sur la caractérisation et la typologie des exploitations de production maraîchère au sud du Bénin.

CHAPITRE 4 : Caractérisation et diversité des exploitations de production maraîchère en milieu urbain et périurbain au sud du Bénin

Chapitre 4 : Caractérisation et diversité des exploitations de production maraîchère en milieu urbain et périurbain au sud du Bénin

L'agriculture urbaine et périurbaine contribue à la sécurité alimentaire en milieu urbain et périurbain en Afrique dont la population ne cesse de croître du fait de l'exode rural (Mwangi *et al.*, 1995 ; Cofie *et al.*, 2003). La filière maraîchère constitue une branche importante de l'agriculture urbaine et périurbaine. Elle contribue à assurer la sécurité alimentaire en produisant des légumes et assure ainsi la disponibilité en aliments à la population. Elle se développe à côté du secteur tertiaire donnant l'accès au revenu à un grand nombre d'individus réduisant le niveau de chômage. Elle contribue à la création de plus de 600000 emplois directs au Bénin (PADAP, 2003). Plusieurs systèmes de production maraîchère existent. Les deux grands systèmes sont les systèmes de production intensive utilisant les pesticides et engrais chimiques et les systèmes de production biologique. Au Bénin, les premiers sont pratiqués par la grande majorité des producteurs (Akogbéto *et al.*, 2005 ; Ahouangninou *et al.*, 2011). La production est assurée par de petits producteurs organisés dans les grandes villes ou aux périphéries des grandes villes occupant des lopins de terres dans des zones de bas-fonds avec des moyens de bord et dans l'informel. Leur niveau de production ne leur permet souvent pas de sortir des difficultés économiques et sociales qu'ils vivent (Tokannou et Quenum, 2007). De même l'activité engendre d'importantes nuisances sur le plan environnemental, notamment les problèmes d'irrigation agricole, de réduction de la biodiversité et de santé humaine liés à l'utilisation des pesticides chimiques. De tels effets sont appelés les externalités négatives de la production parce qu'elles engendrent des coûts qui ne sont pas pris en compte dans les prix des produits vendus (Dobbs et Pretty, 2004 ; Pretty *et al.*, 2011). Des résidus de pesticides ont été détectés dans des échantillons de légumes prélevés juste avant récolte en milieu rural au sud du Bénin (Assogba-Komlan *et al.*, 2007 ; Ahouangninou *et al.*, 2012). Le développement local étant tributaire des activités génératrices de revenus qui se développent dans les communes, il est important pour les autorités publiques et les collectivités locales d'avoir des informations sur la structuration et le fonctionnement des exploitations de production maraîchère afin de les insérer dans les programmes de développement communaux pour assurer la durabilité des ressources naturelles impliquées dans ces processus de production. Compte tenu du fait que chaque producteur a une manière particulière de combiner les ressources impliquées dans la production et une façon unique de gérer son exploitation, il y a donc autant de systèmes de production que d'exploitations (De Bon, 2001 ; Tittonell *et al.*, 2005). Comme il n'est pas

possible de formuler des politiques à chaque exploitation, il est nécessaire de les regrouper sur la base de caractéristiques communes (Abdulkadir *et al.*, 2012). Pour regrouper les exploitations en catégories homogènes, les techniques d'analyses multivariées sont les plus utilisées (Lazard *et al.*, 2009 ; Sanogo *et al.*, 2010 ; Joffre et Bosma, 2009 ; Titonnel *et al.*, 2010 ; Abdulkadir *et al.*, 2012).

L'objectif de ce chapitre est de caractériser et de faire une typologie des exploitations maraîchères dans les trois zones d'étude en termes de revenu, d'allocation des ressources, de structuration et de fonctionnement afin d'identifier les moyens par lesquels cette activité peut être rendue pérenne.

4.1. Caractéristiques sociodémographiques des exploitants

Les producteurs dont les exploitations ont été incluses dans l'étude étaient âgés de 17 à 77 ans. Le tiers des producteurs était âgé de 17 à 30 ans (Tableau I). Environ 3/5 avaient un âge compris entre 31 et 60 ans. Leur âge moyen était de 36,7 (Tableau II). L'âge moyen des producteurs était moins élevé à Sèmè-kpodji (34,4 ans) comparé à Houéyiho (37,8 ans) et Ouidah (36,4 ans). La grande majorité des producteurs étaient de sexe masculin soit 86,3%, près de 4/5 étaient mariés et 1/5 étaient célibataires. Environ 1/5 d'entre eux n'ont jamais fréquenté l'école, 2/5 ont atteint le niveau d'éducation primaire et 1/3 ont atteint le niveau secondaire d'éducation. Seuls 3,6% d'entre eux avaient fait des études supérieures. La majorité des producteurs (86,7%) avaient la production maraîchère comme activité principale. Environ la moitié (49,8%) a le maraîchage comme seule activité. Quant à leur expérience dans la production, 24,9% avaient respectivement une expérience comprise entre 1 et 5 ans; 28,4% avaient une expérience comprise entre 6 et 14 ans. Environ la moitié (46,7%) avait une expérience de plus de 15 ans. La moyenne de leur expérience était de 14,36 ans. Les producteurs de Houéyiho à Cotonou avaient une expérience dans le maraîchage significativement plus élevée que ceux de Sèmè-kpodji et de Ouidah ($p=0,0001$).

Tableau I. Caractéristiques sociodémographiques des producteurs

	Houéyiho (N=105)		Sèmè-kpodji (N=48)		Ouidah (N=44)		Total (N=197)	
	Nombre	Pourcentage	Nombre	Pourcentage	Nombre	Pourcentage	Nombre	Pourcentage
Age (année)								
17-30	36	34,3	16	33,3	13	29,5	65	33,0
31-60	59	56,2	32	66,6	26	59,1	117	59,4
61 et plus	10	9,5	0	0,0	5	11,4	15	7,6
Niveau d'éducation								
Non instruit	16	15,2	14	29,2	9	20,4	39	19,8
Primaire	44	41,9	21	43,8	19	43,2	84	42,6
Secondaire	42	40,0	10	20,8	15	34,1	67	34,0
Universitaire	3	2,9	3	6,2	1	2,3	7	3,6
Sexe								
Masculin	92	87,6	41	85,4	37	84,1	170	86,3
Féminin	13	12,4	7	14,6	7	15,9	27	13,7
Situation matrimoniale								
Célibataire	26	24,8	8	16,7	3	6,8	37	18,8
Marié	79	75,2	40	83,3	40	90,9	159	80,7
Veuf(ve)	0	0,0	0	0,0	1	2,3	1	0,5
Activité principale								
Oui	91	86,7	43	89,6	36	81,8	170	86,3
Non	14	13,3	5	10,4	8	18,2	27	13,7
Expérience (années)								
1-5	16	15,2	22	45,8	11	25,0	49	24,9
6-14	31	29,5	8	16,7	17	38,6	56	28,4
15 et plus	58	55,2	18	37,5	16	36,4	92	46,7

Source : Enquêtes 2009-2010

Tableau II. Moyennes et écart-types des variables quantitatives caractérisant les exploitations

	Houéyiho		Sèmè-kpodji		Ouidah		Total		Seuil de signification
	Moyenne	Ecart-type	Moyenne	Ecart-type	Moyenne	Ecart-type	Moyenne	Ecart-type	p-value
Caractéristiques									
Age de l'exploitant (années)	37,86	13,64	34,4	9,64	36,43	12,52	36,7	12,55	0,5551
Expérience (années)	17,23	10,6	10,83	10,49	11,34	6,89	14,36	10,29	0,0001
Superficie (m²)	603,75	460,66	2478,75	2941,61	1861,64	2290,38	1341,55	2001,87	0,0001
Quantité intrants									
Urée (kg/année)	182,72	255,62	448,87	677,6	353,92	364,12	285,81	382,67	0,002
NPK (kg/année)	132,14	255,35	592,66	1025,52	107	114,04	238,73	411,44	0,0001
Fiente de volaille (kg/année)	3367,48	-	6008,1	-	4744,2	-	4318,37	-	0,0001
Compost (kg/année)	2147,29	-	9737,5	-	933,33	-	3725,53	-	0,0001
Eau (l/jour)	4505,71	2655,21	12652,08	5894,03	11809,3	5672,71	8121,87	4118,32	0,0001
Essence (l/semaine)	12,96	-	12,58	-	18,28	-	13,25	6,18	0,001
Coûts et Résultats									
Coût en pesticide (Fcfa/année)	42381	24111	92532	47443	76682	48804	62107	42974	0,0001
Résultat d'exploitation (Fcfa/année)	552129	477851	1388831	882336	1275883	1132589	917646	862567	0,0001

Source : Enquêtes 2009-2010

4.2. Pratiques culturales et gestion des ravageurs

Les planches confectionnées par les producteurs variaient généralement de 5 m² à 12 m² avec une taille moyenne de 7 m².

Pour la fertilisation des cultures, tous les producteurs utilisaient généralement des engrais chimiques (99,5%) et des engrais organiques, surtout la fiente de volaille (100%) (Tableau III). Les quantités moyennes de NPK, urée, fientes de volaille et compost utilisées au cours de l'année 2009 par ces producteurs étaient respectivement de 238,73 Kg ; 285,81 Kg ; 4318,37 Kg et 3725,53 Kg (Tableau II). Les doses moyennes d'engrais minéraux (urée) et organiques (fientes) apportées à la culture de morelle sont respectivement de 333,33 Kg/ha et 16,08 t/ha. Pour lutter contre les ennemis de culture, les producteurs utilisaient des pesticides chimiques (99,5%) (Tableau IV). Certains associaient les pesticides chimiques aux biopesticides surtout dans la production de tomate et de la grande morelle. Les dépenses effectuées en achat de pesticides en 2009 chez les producteurs s'élevaient en moyenne à

62107 Fcfa par producteur. Elles étaient de 42381 Fcfa, 92532 Fcfa et 76682 Fcfa respectivement à Houéyiho, Sèmè-kpodji et à Ouidah (Tableau II). Environ 43,5% d'entre eux ont adopté la rotation culturale. Cette pratique culturale était plus retrouvée à Houéyiho et à Sèmè-kpodji.

Les sources d'eau pour l'irrigation dans la production maraîchère étaient principalement les eaux de puits (27,4%), les eaux de pluies prélevées des bas-fonds (36%) et des eaux de forage (36,5%) (Tableau IV). Pour l'apport de l'eau aux plants, la majorité des producteurs (61,9%) avaient recours à l'arrosage manuel. Certains (32%) utilisaient le système motopompe et tuyaux d'arrosage. Le reste (6,1%) utilisait le système motopompe et tourniquet. Les systèmes d'irrigation motorisés dominaient à Sèmè-kpodji. Le volume journalier d'eau prélevé était en moyenne de 8121,87 L/producteur. Il était significativement plus élevé à Sèmè-kpodji comparé à Houéyiho et Ouidah ($p=0,0001$). Quant aux producteurs utilisant les systèmes d'irrigation motorisés, le volume hebdomadaire moyen d'essence utilisé était de 13,25 L/producteur (Tableau II). On a noté une différence entre sites de production ($p=0,001$). Les volumes moyens consommés d'essence étaient significativement plus élevés à Ouidah.

Tableau III. Fréquence d'utilisation des fertilisants et d'énergies fossiles

	Houéyiho (N=105)		Sèmè-kpodji (N=48)		Ouidah (N=44)		Total (N=197)	
	Nombre	Pourcentage	Nombre	Pourcentage	Nombre	Pourcentage	Nombre	Pourcentage
Urée	105	100,0	47	97,9	44	100,0	196	99,5
NPK	98	93,3	46	95,8	42	95,4	186	94,4
Fiente de volaille	105	100,0	48	100,0	44	100,0	197	100,0
Compost	30	28,6	4	8,3	3	6,8	37	18,8
Energies fossiles	27	25,7	41	85,4	7	15,9	75	38,1

Source : Enquêtes 2009-2010

Tableau IV. Caractéristiques des exploitations maraîchères

	Houéyiho (N=105)		Sèmè-kpodji (N=48)		Ouidah (N=44)		Total (N=197)	
	Nombre	Pourcentage	Nombre	Pourcentage	Nombre	Pourcentage	Nombre	Pourcentage
Superficie (m²)								
<500	49	46,7	0	0,0	9	20,4	58	29,4
[500, 1000[	41	39,0	10	20,8	11	25,0	62	31,5
[1000, 3000[	14	13,3	32	66,7	15	34,1	61	31,0
>3000	1	0,9	6	12,5	9	20,5	16	8,1
Mode de faire valoir								
Domaine public	105	100,0	47	97,9	2	4,5	154	78,2
Location	0	0,0	1	2,1	17	38,6	18	9,1
Bien familial	0	0,0	0	0,0	1	2,3	1	0,5
Bien personnel	0	0,0	0	0,0	24	54,6	24	12,2
Main d'œuvre								
Familiale	48	45,7	32	66,7	16	36,4	96	48,7
Temporaire	50	47,6	10	20,8	27	61,4	87	44,2
Salariée	14	13,3	9	18,7	4	9,1	27	13,7
Système d'irrigation								
Arrosage manuel	78	74,3	7	14,6	37	84,1	122	61,9
Motopompe et tuyaux	17	16,2	39	81,2	7	15,9	63	32,0
Motopompe et tourniquet	10	9,5	2	4,2	0	0,0	12	6,1
Source d'eau								
Puits	40	38,1	0	0,0	14	31,8	54	27,4
Bas-fonds	42	40,0	0	0,0	29	65,9	71	36,0
Forage	23	21,9	48	100,0	1	2,3	72	36,5
Rotation culturale								
Oui	53	50,5	28	58,3	4	9,1	85	43,1
Non	52	49,5	20	41,6	40	90,9	112	56,8
Utilisation de pesticide chimique								
Oui	105	100,0	47	97,9	44	100,0	196	99,5
Non	0	0,0	1	2,1	0	0,0	1	0,5

Source : Enquêtes 2009-2010

4.3. Spéculations végétales produites et revenus de l'exploitation

Plusieurs spéculations végétales ont été recensées dans la production des sites de Houéyiho, Sèmè-kpodji et Ouidah (Tableau V). Il s'agit aussi bien d'espèces locales qu'exotiques. Les cultures les plus fréquentes ont été la grande morelle (*Solanum macrocarpon*), l'amarante (*Amaranthus hybridus*), la vernonie (*Vernonia amygdalina*), la tomate (*Lycopersicon esculentum*), la laitue (*Lactuca sativa*), la carotte (*Daucus carota*), le concombre (*Cucumis sativus*) et le chou (*Brassica oleracea*).

Les producteurs en général vendent leur production aux revendeuses détaillants qui viennent s'approvisionner directement sur les exploitations. Certains (2,53%) vendent leurs produits à des restaurants. La rentabilité moyenne de l'exploitation était de 42,64% donc 100 Fcfa de chiffre d'affaire dégage un bénéfice de 42,64 Fcfa. Elle est plus élevée à Sèmè-kpodji (48,69%) comparée à Houéyiho (40,85%) et Ouidah (40,34%). Aucune relation n'a été observée entre la rentabilité des exploitations et leur taille. En ce qui concerne les revenus tirés de la production, la moyenne annuelle était de 917646 Fcfa par producteur en 2009 sans la prise en compte de la partie autoconsommée et des pertes dans la production estimées à 45% voire 50% (Tableau II). Le revenu annuel est significativement moins élevé à Houéyiho comparé aux autres sites ($p=0,0001$). Environ 28,93% des producteurs ont des revenus en dessous du salaire minimum interprofessionnel garanti (SMIG). Le coefficient de Gini est de 0,4366 (Tableau VI). Il y a une répartition inégalitaire dans la distribution des revenus. La différence attendue dans le revenu annuel par producteur de deux exploitations choisies au hasard sera de 400644 Fcfa. Mais les producteurs ayant le maraîchage comme seule activité tirent un revenu annuel moyen de la production de 1019000 Fcfa supérieur à ceux qui exercent d'autres activités en parallèle (817300 Fcfa) ($p=0,0222$).

Tableau V. Répartition des exploitations maraîchères selon les espèces produites

	Houéyiho (N=105)		Sèmè-kpodji (N=48)		Ouidah (N=44)		Total (N=197)	
	Nombre	Pourcentage	Nombre	Pourcentage	Nombre	Pourcentage	Nombre	Pourcentage
Morelle	83	79,0	36	75,0	42	95,4	161	81,7
Celosie	8	7,6	3	6,2	2	4,5	13	6,6
Amaranthe	76	72,4	34	70,8	32	72,7	142	72,1
Vernonie	49	46,7	14	29,2	9	20,4	72	36,5
Coriandre	2	1,9	0	0,0	0	0,0	2	1,0
Celerie	1	1,0	0	0,0	1	2,3	2	1,0
Crin-crin	1	1,0	1	2,1	0	0,0	2	1,0
Tomate	12	11,4	25	52,1	6	13,6	43	21,8
Piment	2	1,9	11	22,9	0	0,0	13	6,6
Poivron	12	11,4	10	20,8	7	15,9	29	14,7
Oignon	11	10,5	7	14,58	2	4,5	20	10,2
Aubergine	0	0,0	1	2,1	0	0,0	1	0,5
Haricot vert	4	3,8	1	2,1	0	0,0	5	2,5
Concombre	25	23,8	25	52,1	8	18,2	58	29,4
Chou	28	26,7	15	31,2	11	25,0	54	27,4
Persil	5	4,8	1	2,1	3	6,8	9	4,6
Basilic	7	6,7	8	16,7	3	6,8	18	9,1
Navet	4	3,8	5	10,4	0	0,0	9	4,6
Menthe	2	1,9	1	2,1	0	0,0	3	1,5
Bissape	2	1,9	1	2,1	0	0,0	3	1,5
Betterave	0	0,0	1	2,1	0	0,0	1	0,5
Pastèque	0	0,0	2	4,1	5	11,4	7	3,6
Carotte	55	52,4	36	75,0	4	9,1	95	48,2
Laitue	87	82,8	20	41,7	21	47,7	128	65,0

Source : Enquêtes 2009-2010

Tableau VI. Répartition des producteurs par niveau de revenu

Revenu	Nombre	Pourcentage	Revenu annuel moyen	Revenu mensuel moyen
(Fcfa)			(Fcfa)	(Fcfa)
<379500	57	28,93	238116,49	19843,04
[379500, 759000[	56	28,43	546850,54	45570,88
[759000, 1500000[	47	23,86	1026518,81	85543,23
[1500000, 3000000[	29	14,72	2006649,59	167220,80
>=3000000	8	4,06	3767593,75	313966,15
TOTAL	197	100	917646,00	76470,50
Coefficient de Gini	0,4366			

Source : Enquêtes 2009-2010

4.4. Caractéristiques et typologie des exploitations

Les producteurs maraîchers exploitent de petites unités de production. La taille moyenne des exploitations est de 1341,55 m² (Tableau II). Une différence significative a été observée dans les superficies exploitées selon les sites ($p=0,0001$). La superficie moyenne exploitée était plus faible à Houéyiho (603,75 m²) comparée aux autres sites de production de Sèmè-kpodji (2478,75 m²) et Ouidah (1861,64 m²). Environ 3/10 des producteurs exploitent des terres dont la superficie est inférieure à 500 m² (Tableau IV). Les autres, 31,5% et 31% exploitent respectivement des superficies comprises entre 500 et 1000 m² et entre 1000 et 3000 m². Quant au mode de faire valoir, environ 87,3% sont concernés par le faire valoir indirect. Plus de 3/4 des maraîchers exploitent des terres appartenant au domaine public (Tableau IV). Presque la totalité des producteurs à Houéyiho (Cotonou) et à Sèmè-kpodji sont concernés par ce mode de faire valoir. A Ouidah, 38,6% procèdent au fermage et 54,5% sont détenteurs de la maîtrise foncière sur les terres qu'ils cultivent. En ce qui concerne la main-d'œuvre, elle est en partie familiale sur l'ensemble des sites de production. Près de la moitié des exploitations est concernée par ce type de main d'œuvre. Les producteurs utilisent également de la main d'œuvre temporaire (44,2%) et de la main d'œuvre salariée (13,7%).

4.4.1. Identification des associations et oppositions de caractères

La méthode d'analyse des correspondances multiples (ACM) utilisée a permis d'illustrer graphiquement les principales oppositions et associations de caractères décrivant les exploitations maraîchères. Les axes factoriels sont en effet des combinaisons des modalités des variables structurantes utilisées dans l'analyse. Chaque axe permet de représenter un ensemble d'associations et d'oppositions entre ces modalités. Certaines modalités sont ainsi corrélées positivement à un axe donné tandis que d'autres y sont corrélées négativement. L'analyse de ces corrélations permet ainsi d'interpréter la nature de ces axes. En outre, ces axes se caractérisent également par la part de l'inertie totale du nuage des individus qu'ils représentent, ce qui fournit une estimation de la quantité d'information que chacun d'entre eux apporte sur ce qui différencie ou rapproche les individus. On mesure donc ainsi l'importance relative de chaque ensemble d'associations-oppositions de caractères dans la compréhension des différences entre les exploitations maraîchères.

Les quatre premiers axes de l'analyse expliquent 26,88% de l'inertie, ce qui compte tenu du nombre élevé d'indicateurs retenus s'avère plutôt satisfaisant.

Le **premier axe** explique, à lui seul, 10,15% de l'inertie. Il caractérise les niveaux d'allocation des ressources dans la production ainsi que le système d'irrigation et le revenu tiré de l'exploitation (Figure 6). Au vu des variables explicatives les plus proches de l'axe, il peut être interprété comme reflétant l'opposition entre :

- d'une part les petites exploitations de superficies inférieures à 500 m² et produisant en partie des légumes locaux. Elles consomment moins de 100 kg/an de NPK, moins de 100 kg/an d'urée, moins de 5000 kg/an de fiente. Elles consacrent entre 5000 et 40000 Fcfa/an à l'achat des pesticides et utilisent des eaux de puits ou de bas-fonds aménagés avec un système d'arrosage manuel. Elles utilisent de la main-d'œuvre temporaire avec un revenu net d'exploitation inférieur à 357000 Fcfa/an.
- d'autre part des exploitations de tailles moyennes comprises entre 1000 et 3000 m² ou plus et produisant des légumes locaux et exotiques. Ces exploitations consomment entre 100 et 500 kg/an ou plus de NPK et d'urée, plus de 5000 kg/an de fiente. Les producteurs utilisent parfois de biopesticides, mais dépensent plus de 60000 Fcfa/an en pesticides et consomment plus de 4000 L d'eaux par jour. Ils utilisent des eaux de forages avec motopompes+tuyaux et consomment du carburant. La main-d'œuvre est salariée et le revenu net d'exploitation est supérieur à 1785000 Fcfa/an.

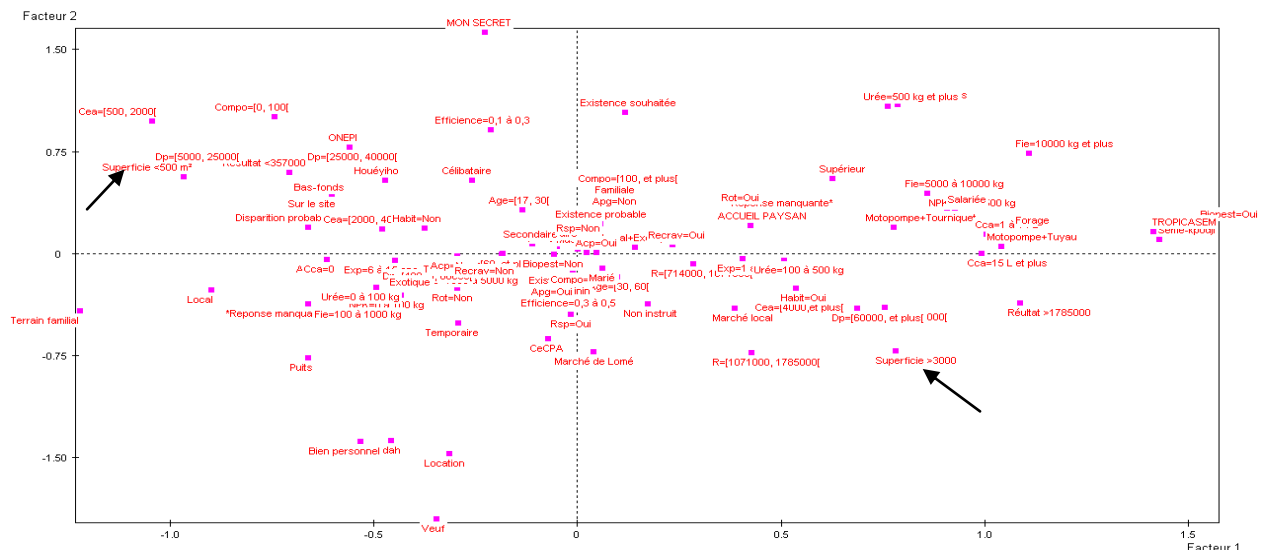


Figure 6 : Représentation graphique des axes 1 et 2 issus de l'analyse des correspondances multiples (ACM)

Source : Enquêtes 2009-2010

Le **deuxième axe** explique 6,67% de l'inertie et caractérise le mode de faire valoir et le lieu d'approvisionnement en pesticide. Il est interprété comme l'opposition entre :

- d'une part, des exploitants produisant sur les terres appartenant au domaine public et s'approvisionnant en pesticides dans des boutiques à Cotonou.
- d'autre part, des exploitants produisant sur leurs propriétés ou sur des terres louées et s'approvisionnant en pesticides au niveau des Centres Communaux de Promotion Agricole (CeCPA).

Le **troisième axe** explique 5,06% de l'inertie. Il oppose:

- d'une part, des exploitations dont les producteurs n'appartiennent à aucune association de producteurs, n'ayant pas le maraîchage comme principale activité et dont la pérennité de la production est peu probable.
- d'autre part, des exploitations dont les producteurs appartiennent à une association professionnelle, ayant le maraîchage comme activité principale et dont la pérennité de la production serait certaine.

Le **quatrième axe** explique 5,00% de l'inertie. Il est caractérisé par la situation sociodémographique des exploitants et oppose:

- D'une part, des exploitants âgés de 17 à 30 ans, le plus souvent célibataire, ayant une expérience de moins de 5 ans dans la production maraîchère.
- D'autre part, des exploitants âgés de plus de 30 ans, mariés ayant une expérience de plus de 15 ans.

4.4.2. Catégorisation des exploitations

La catégorisation constitue des groupes relativement homogènes sur la base des variables utilisées dans l'analyse des correspondances multiples.

Le regroupement le plus pertinent comporte 7 catégories rassemblant chacune entre 8,12% et 23,35% (Figure 7).

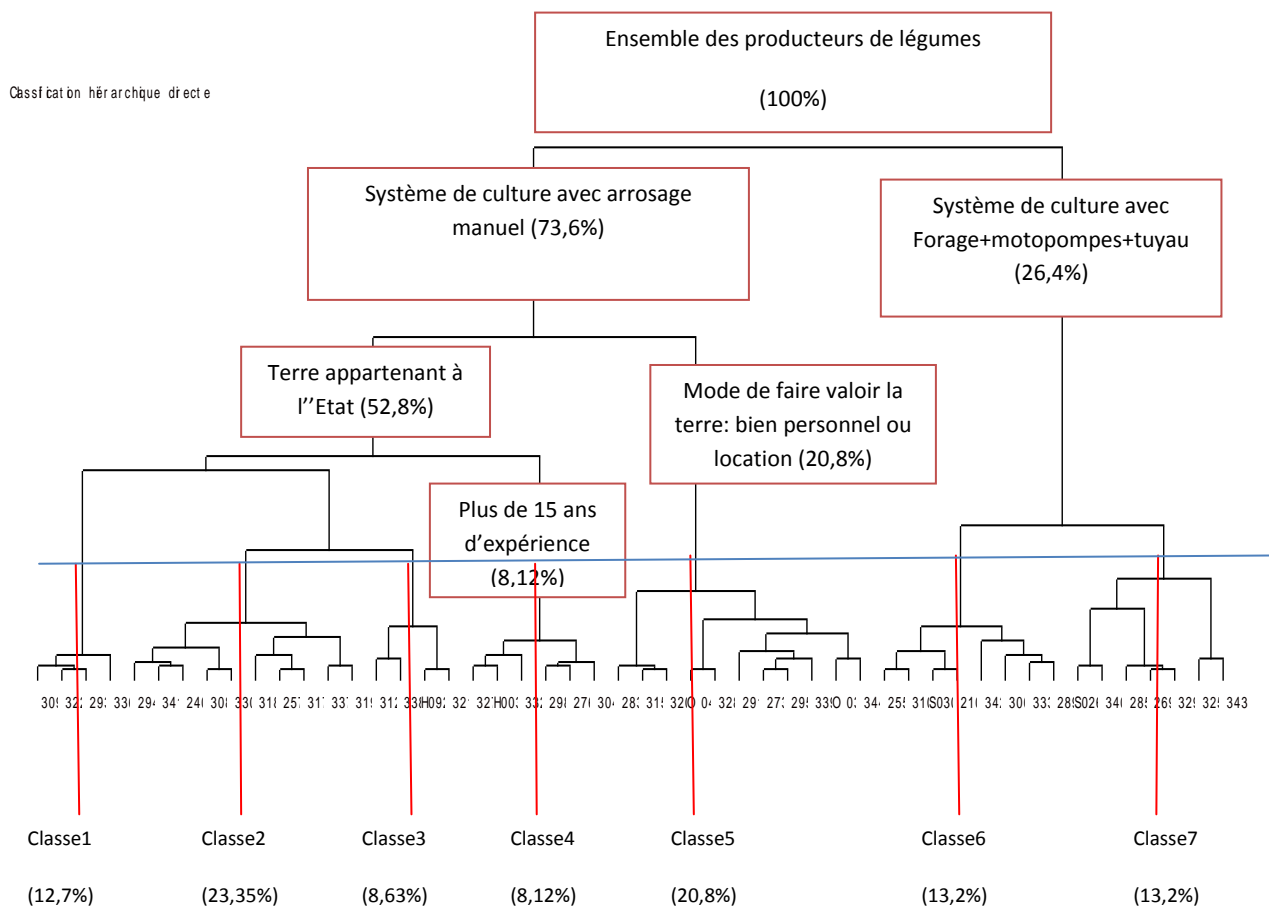


Figure 7 : Typologie des exploitations maraîchères

Source : Enquêtes 2009-2010

Classe 1 : petite exploitation+arrosage manuel+domaine public+expérience faible

Cette catégorie comporte 12,7% de l'échantillon. Elle regroupe des exploitations ayant de petites superficies inférieures à 500 m², consommant moins de 2000 L d'eau/j et au plus de 100 Kg d'urée et moins de 3000 Kg de fientes de volailles par an. Elles ne consomment pas de l'engrais chimique NPK et les producteurs utilisent le système d'arrosage manuel (arrosoir) et tirent l'eau dans des bas-fonds aménagés. Les exploitants sont jeunes et ont peu d'expérience dans la production. Ils ont accédé à la production par l'intermédiaire d'un parent expérimenté dans le maraîchage. Ils utilisent pour la majorité, le domaine public à Houéyiho. Ces producteurs disposent de peu de capitaux et produisent généralement la grande morelle, l'amaranthe et la laitue et utilisent les pesticides chimiques. Leur revenu net annuel est inférieur à 357000 Fcfa et la rentabilité moyenne de l'exploitation est de 38,87%. Selon ces producteurs, la pérennité de l'activité maraîchère est incertaine.

Classe 2 : exploitation de taille moyenne+arrosage manuel+domaine public+expérience faible à moyenne

Cette catégorie comporte 23,35% de l'échantillon. Elle regroupe des exploitations ayant une taille comprise entre 500 et 1000 m², consommant entre 2000 L et 4000 L d'eau par jour et ayant un revenu net annuel allant de 357000 à 714000 Fcfa. Les producteurs exploitent le domaine public et produisent tout type de légumes à Houéyiho et utilisent de l'engrais chimique NPK et d'urée à moins de 100 Kg par an et des engrais organiques fientes de volailles et compost de déchets ménagers (moins de 5000 Kg/an). Ces producteurs ont une expérience de moins de 15 ans et disposent peu de capitaux pour mettre en place un système d'irrigation motorisé. Ils tirent la grande part de leur revenu dans la production maraîchère et utilisent des pesticides chimiques. La rentabilité moyenne de l'exploitation est de 39,48%. Selon ces producteurs, la pérennité de l'activité maraîchère est possible.

Classe 3 : grande exploitation+arrosage manuel+domaine public+expérience moyenne

Cette catégorie comporte 8,63% de l'échantillon. Elle regroupe des exploitations ayant de superficies comprises 2000 à 3000 m², consommant plus de 4000 L d'eau/j. Ces exploitations consomment d'engrais chimique NPK et urée à plus de 300 Kg par an et des engrais organiques fientes de volailles et compost de déchets ménagers (plus de 5000 Kg/an). Les exploitants reconnaissent les ravageurs, adoptent la rotation culturale, mais aussi dépensent plus de 60000 Fcfa/an dans l'achat de pesticides chimiques. Ils n'utilisent pas de biopesticides dans la lutte contre les ravageurs de cultures et ne disposent pas de système d'irrigation motorisé. Ils utilisent une main-d'œuvre temporaire pour l'arrosage manuel des plants et se retrouvent majoritaire à Houéyiho. La production maraîchère leur procure la grande part de leur revenu annuel qui est compris entre 714000 Fcfa et 1428000 Fcfa et la rentabilité moyenne de l'exploitation est de 39,42%. Selon ces producteurs, la pérennité de leur activité de production est possible.

Classe 4 : grande exploitation+arrosage manuel+domaine public+expérience élevée

Cette catégorie comporte 8,12% de l'échantillon. Elle regroupe des exploitations de superficies comprises 2000 à 3000 m², consommant plus de 500 Kg d'urée et plus de 500 Kg de NPK et des engrais organiques fientes de volailles et compost de déchets ménagers (plus de 5000 Kg/an) et plus de 4000 L d'eau par jour. Les exploitants ont plus de 15 ans d'expérience professionnelle. Ils reconnaissent les ravageurs, adoptent la rotation culturale, mais aussi dépensent plus de 60000 Fcfa/an dans l'achat de pesticides chimiques et biologiques. Les exploitants utilisent une main-d'œuvre familiale et utilisent un système d'arrosage manuel. Ils appartiennent en majorité à un groupement ou association de

producteurs. Ces producteurs ont la production maraîchère comme seule activité rémunératrice de revenus. Leur revenu net annuel est compris entre 714000 Fcfa et 1785000 Fcfa et la rentabilité moyenne de l'exploitation est de 42,22%. Selon ces producteurs, la pérennisation de l'activité maraîchère est possible.

Classe 5 : exploitation de taille moyenne+arrosage manuel+domaine privé+expérience élevée

Cette catégorie comporte 20,8% de l'échantillon. Elle regroupe des exploitations de taille inférieures 2000 m² et se retrouve majoritaire à Ouidah. Elle consomme au plus de 150 Kg de NPK et 300 Kg d'urée par an et des fientes de volailles (plus de 6000 Kg/an) et plus de 4000 L d'eau par jour. Les producteurs utilisent très peu de compost de déchets ménagers. Ils ont une expérience élevée dans la production. Ils utilisent des pesticides chimiques et très peu de biopesticides dans le contrôle des ravageurs. Ils exploitent leurs terres ou ont recours à la location. Ils adoptent peu la rotation culturale et utilisent un système d'arrosage manuel en prélevant les eaux de puits. Ils appartiennent en majorité à un groupement ou association de producteurs. Ces producteurs tirent la grande part de leur revenu dans la production maraîchère. Leur revenu net annuel est compris entre 714000 Fcfa et 1428000 Fcfa et la rentabilité moyenne de l'exploitation est de 41,88%. La pérennité de ces exploitations est certaine selon les dires de la majorité de ces exploitants.

Classe 6 : exploitation de taille moyenne+arrosage motorisé+domaine public+expérience faible

Cette catégorie comporte 13,2% de l'échantillon. Elle regroupe des exploitations ayant des superficies comprises entre 1250 m² et 2500 m² consommant plus de 500 Kg d'urée et plus de 500 Kg de NPK et des engrais organiques fientes de volailles et compost de déchets ménagers (plus de 5000 Kg/an respectivement). Les exploitants ont une expérience professionnelle de 1 à 5 ans et habitent généralement sur l'exploitation. Ils ont accédé à l'activité après une formation de 18 mois dans des coopératives maraîchères. Ils ont pour la plupart accompli trois ans d'études secondaires. Ils reconnaissent les ravageurs, adoptent la rotation culturale. Ils utilisent aussi bien des pesticides chimiques que biologiques dans la lutte contre les nuisibles. Les dépenses en produits phytosanitaires peuvent dépasser 60000 Fcfa/an. Ces derniers utilisent le système forage+motopompe+tuyau, consommant moins de 14L/semaine d'essence et plus de 4000 L/j d'eau. Les exploitants utilisent le domaine public à Sèmè-kpodji ou à Cotonou. Ils ont la production maraîchère comme seule activité rémunératrice de revenus. Leur revenu net annuel varie 1071000 Fcfa à 1785000 Fcfa et la rentabilité moyenne de l'exploitation est de 46,22%. La pérennité de ces exploitations est possible selon les dires de

la majorité de ces exploitants. Pour eux la pérennité de l'activité est fortement dépendante des disponibilités en terre.

Classe 7 : grande exploitation+arrosage motorisé+domaine public+expérience élevée

Cette catégorie comporte 13,2% de l'échantillon. Elle regroupe des exploitations ayant des superficies comprises entre 2500 m² et 5000 m², consommant plus de 500 Kg d'urée et plus de 500 Kg de NPK et des engrais organiques fientes de volailles et compost de déchets ménagers (plus de 5000 Kg/an respectivement) et plus de 4000 L d'eau par jour. Les producteurs utilisent le système forage+motopompe+tuyau ou tourniquet consommant plus de 14L/semaine de carburant et emploient de la main d'œuvre salariée. Ces derniers ont une longue expérience dans la production. Ils reconnaissent les ravageurs, adoptent la rotation culturale. Ils utilisent aussi bien des pesticides chimiques que biologiques dans la lutte contre les nuisibles. Les dépenses en produits phytosanitaires dépassent 60000 Fcfa/an. Ces exploitants se retrouvent le plus à Houéyiho ou à Sèmè-kpodji. Leur revenu net annuel est supérieur à 1785000 Fcfa/an et la rentabilité moyenne de l'exploitation est de 51,90%. Ces producteurs utilisent parfois les équipements de protection individuelle avant l'épandage des pesticides. Selon ces producteurs, la pérennisation de leur activité de production serait certaine.

4.5. Discussion

Les maraîchers pour la plupart n'ont pas un niveau d'instruction élevé et exploitent des petites superficies pour leur activité de production. Les superficies exploitées par producteur sont plus faibles à Houéyiho puisque ce site de production se trouve à l'intérieur de la ville de Cotonou où la disponibilité en terre pour la production agricole est très limitée. Les producteurs occupent une portion de terre appartenant au domaine public. La grande majorité des producteurs avaient la production maraîchère comme activité principale. Les résultats de travaux de Broutin *et al.* (2005) au Sénégal sont proches de ceux obtenus au cours de cette étude. Ces auteurs ont rapporté que l'activité maraîchère constitue la principale source de revenu pour 85,23% de maraîchers et la seule source de revenu pour 34,09% d'entre eux. L'expérience moyenne est de 14,36 ans. Ceci provient du fait que beaucoup de jeunes gens ayant acquis des expériences dans le maraîchage auprès de leurs parents sont demeurés dans cette activité à cause de la précarité de l'emploi ou des échecs scolaires. Les producteurs de Houéyiho à Cotonou avaient une expérience dans le maraîchage significativement plus élevée que ceux de Sèmè-kpodji et de Ouidah puisque Houéyiho est le plus ancien des sites de

production maraîchère de Cotonou, établi depuis quarante ans, par contre celui de Sèmè-kpodji est un site établi il y a moins de dix ans et occupé surtout par de jeunes producteurs ayant fait leur entrée dans l'activité.

La production est caractérisée par la faiblesse des rotations culturales, l'utilisation des fertilisants chimiques et organiques ainsi que l'utilisation massive de pesticides chimiques dans le contrôle des bioagresseurs. En effet la contrainte majeure à cette activité est l'attaque des ravageurs de cultures et des maladies dues aux champignons, les autres contraintes étant les problèmes d'irrigation, de fertilité des sols et d'écoulement des produits, la disponibilité de terres et l'accès aux intrants. Une dépendance du maraîchage périurbain aux pesticides chimiques a été rapporté au Bénin (Akogbéto *et al.*, 2005). Les maraîchers pour la plupart ne conçoivent pas le fait de produire des légumes et de faire des profits sans pesticides chimiques. L'utilisation de ces pesticides chimiques a des conséquences sur la santé humaine (Ton *et al.*, 2000). Les conséquences environnementales de l'utilisation des pesticides au Bénin ont été documentées dans les travaux de Pazou *et al.* (2006a) et Pazou *et al.* (2006b). Les biopesticides disponibles sur le marché LASER 480 SC (Spinosad 480 g/L) et le BIOBIT (*Bacillus thuringiensis*) n'arrivent toujours pas à éliminer tous les ravageurs détruisant les cultures maraîchères. Les biopesticides sont moins dangereux pour les agroécosystèmes et diminuent le risque de présence de résidus dans les aliments produits, mais certains ont une action moins rapide ou nécessitent un environnement spécifique pour être efficaces ou pourraient avoir un impact sur des organismes non cibles utilisés dans le biocontrol (Birch *et al.*, 2011). Pour les maraîchers, leur production ne serait pas compétitive sur le marché sans usage des pesticides chimiques. La production est surtout destinée au marché local sur lequel la plupart des consommateurs n'accordent pas grande importance à la qualité chimique des légumes produits. Ces consommateurs ne seraient pas selon eux, disposés à payer plus pour avoir des légumes produits biologiquement. Ceci est aussi constaté dans d'autres villes de l'Afrique de l'ouest. Les consommateurs à Thiès au Sénégal n'utilisent jamais les critères portant sur les modes de production des légumes dans les critères de perception de la qualité rapportent Broutin *et al.* (2005). Mais les travaux de Coulibaly *et al.* (2011) rapportent que les consommateurs de choux et de tomates au Bénin et au Ghana sont disposés à payer une prime de plus de 50% pour avoir des légumes produits sans pesticides chimiques. Selon ces travaux, les critères de sélection des consommateurs de légumes sont l'innocuité du produit, sa couleur, son poids et sa fraîcheur.

La production maraîchère au sud du Bénin utilise aussi bien de fertilisants chimiques (urée, NPK) qu'organiques (fiente de volailles et compost de déchets solides ménagers). Toutes les sept catégories d'exploitation maraîchère utilisent les engrais chimiques et organiques. Les exploitations de la catégorie 1 ne consomment pas de NPK, ni de compost de déchets ménagers. Ceux de la catégorie 5 utilisent très peu de compost de déchets ménagers. Brock et Foeken (2006) rapportent que le maraîchage joue un rôle important dans le recyclage des déchets solides ménagers urbains au Bénin. Les niveaux consommés d'engrais organiques sont comparables à ceux des maraîchers du nord-Bénin impliqués dans l'approche FFS (Farmer Field School) dont les niveaux d'utilisation ont augmenté de 481% (Settle et Garba, 2011). L'utilisation des fientes de volailles et du compost permet aussi de valoriser les déchets issus de l'aviculture, des ménages et des sites de production tout en réduisant les coûts de production qu'induirait une production à base uniquement de fertilisants chimiques (urée et NPK) qui sont plus polluants pour l'environnement. Ceci est un point fort pour la durabilité du maraîchage au sud du Bénin. Mais les producteurs des catégories 1 et 4 sur-utilisent les engrais chimiques (urée et NPK). La dose moyenne de fientes appliquées à la grande morelle, spéculature très retrouvée au sud du Bénin est conforme aux normes recommandées. Quant aux doses d'engrais chimiques (urée) apportés à la grande morelle, elles sont de 333,33 Kg/ha en moyenne. Ces doses appliquées sont supérieures à celles recommandées qui sont de 75 à 150 Kg/ha (INRAB, 2006), ce qui est conforme aux résultats de Assogba-Komlan *et al.* (2007) qui concluent que l'urée est sur-utilisée dans la production de la grande morelle au sud du Bénin.

L'arrosage des plants en eau constitue une des tâches qui donnent à l'activité son caractère pénible à côté de la préparation du sol, confection des planches et semis. Le maraîchage est une activité très consommatrice en eau pour la production. Les maraîchers doivent arroser deux fois par jour pour un apport suffisant d'eaux aux plants, ce qui exige l'utilisation d'une quantité élevée de main d'œuvre à mesure qu'augmentent les superficies emblavées. Certains producteurs assez nantis adoptent un système d'irrigation motorisé pour diminuer la pénibilité du travail et réduire la quantité de main-d'œuvre et les coûts de production. Les catégories 6 et 7 sont concernées par ce type d'irrigation. L'irrigation motorisée était plus fréquente chez les producteurs de Sèmè-kpodji. Ceci pourrait s'expliquer par le fait que sur ce site, prédominant de nouveaux producteurs ayant fait irruption dans l'activité après une formation auprès d'une association ou coopérative maraîchère. Ces jeunes producteurs ont été formés aux nouvelles techniques de production et sont plus disposés à

l'adoption de nouvelles technologies. Les volumes moyens en essence consommés étaient significativement plus élevés à Ouidah (18,28 L/semaine) comparés à l'ensemble des sites (13,25 L/semaine). Ceci provient du fait que d'une part dans certains quartiers de Ouidah, la nappe phréatique est très profonde et d'autre part les volumes d'eaux aspergés sont plus élevés en raison du types de sol (ferralitique). Les catégories d'exploitation adoptant un système motorisé ont un revenu annuel plus élevé que celles utilisant les systèmes d'arrosage manuel. Si l'utilisation des systèmes motorisés permet de diminuer la pénibilité du travail et les coûts de production, il n'en demeure pas moins qu'elle est polluante, car elle dégage des gaz à effet de serre donc impacte négativement l'environnement.

Plusieurs spéculations végétales sont produites dans les sites maraîchers. Il s'agit aussi bien d'espèces locales qu'exotiques. Ces spéculations sont destinées aux marchés des villes. Du producteur au consommateur, on note peu d'intermédiaires intervenant dans le circuit de distribution. Les maraîchers livrent pour la plupart leur production aux vendeuses détaillant qui les vendent directement aux consommateurs. Très peu de grossistes ou négociants interviennent dans le circuit. Broutin *et al.* (2005) ont rapporté que les circuits de commercialisation dans le maraîchage au Sénégal sont plus souvent court (vente directe ou un seul intermédiaire). Selon Moustier (1997), l'agriculture périurbaine en Afrique a une fonction primordiale de consommation alimentaire et d'emploi bien plus que de loisir ou de paysage. L'activité permet aux maraîchers d'engranger des revenus suffisants pour subvenir aux besoins de leurs foyers. La moyenne annuelle des revenus tirés de la production, était de 917646 Fcfa par producteur en 2009 soit 76470,5 Fcfa par mois. Ce revenu est de 2,42 fois le salaire minimum interprofessionnel garanti (SMIG) au Bénin qui est actuellement de 31625 Fcfa depuis le 25 mars 2009 dans une décision prise en conseil des Ministres. La différence significative observée dans le revenu entre sites serait liée aux superficies exigües emblavées par la majorité des producteurs de Houéyiho. Les catégories d'exploitation 1, 2 et 5 possèdent des superficies de taille relativement faible (souvent inférieures à 1000 m²). Leur faible superficie ne permet pas à leurs exploitants de tirer un revenu colossal de la production. Ces résultats sont conformes à ceux de Tokannou et Quenum (2007) qui rapportent que les disponibilités en terre de Cotonou sont très réduites voire insuffisantes pour permettre à un maraîcher de vivre décemment de son activité. Par contre les catégories d'exploitations de taille relativement plus grande 4, 6 et 7 ont un revenu annuel plus élevé. Le nombre d'individus ayant un revenu inférieur au salaire minimum interprofessionnel garanti (SMIG) est supérieur au quart de population. Moins du quart ont un revenu inférieur au SMIG en vigueur avant mars 2009 qui était de 27500 par mois. Dans ce groupe, prédominant des

individus n'ayant pas le maraîchage comme activité principale et ceux cumulant le maraîchage et d'autres activités génératrices de revenus comme l'élevage et la conduite de taxi-moto. Le maraîchage permet aussi aux femmes des villes de faire la commercialisation des légumes frais, de les mettre à la disposition des consommateurs et de faire des profits pour ainsi subvenir aux besoins de leurs enfants. Selon Tokannou et Quenum (2007), les producteurs qui s'adonnent au maraîchage appartiennent à la catégorie sociale pauvre. Les revenus annuels tirés de la production (917646 Fcfa/an) sont comparables à ceux rapportés par Lemay-Boucher et Dagnelie (2012) chez des habitants de trois quartiers pauvres de Cotonou en 2004 qui étaient en moyenne de 85360 Fcfa par mois. Les résultats de l'étude sont aussi en accord avec ceux de Fayomi *et al.* (2007) qui trouvent que les dépenses mensuelles des maraîchers oscillent entre 20000 Fcfa et 30000 Fcfa alors que les recettes mensuelles varient entre 40000 Fcfa et plus de 90000 Fcfa.

Un projet d'amélioration de la production et du niveau de revenu des producteurs pourrait se focaliser sur les cinq premières catégories de maraîchers qui subissent le plus le poids des contraintes inhérentes à la production (difficulté d'accès à la terre, système d'irrigation et gestion des ravageurs). Des mesures d'accompagnement pour l'acquisition de systèmes d'irrigation motorisée permettraient à ces derniers d'augmenter leur productivité et leur profit (Atidéglà, 2006). Aussi, une sensibilisation de ces derniers à l'adoption des biopesticides pourrait améliorer l'impact environnemental de la production. Quant aux classes 6 et 7 de la typologie, elles regroupent les producteurs exploitant des terres de tailles relativement moyennes ou élevées avec système d'irrigation motorisée et utilisation de pesticides chimiques que biologiques. Ces derniers tirent un revenu suffisant de la production. Ces systèmes sont aussi polluantes car consommant des combustibles fossiles et dégageant des gaz à effet de serre. Un système d'arrosage motorisé utilisant des énergies renouvelables telles que l'énergie solaire ou l'éolienne assurerait la durabilité écologique de la production. Les autorités municipales doivent insérer l'activité de production maraîchère dans leurs priorités. Ils doivent garantir la pérennité de cette activité en allouant des terres aux producteurs surtout à Cotonou et à Sèmè-kpodji qui sont menacés de déguerpissement parce qu'occupant des terres appartenant à la collectivité nationale (Brock et Foeken, 2006 ; Tokannou et Quenum, 2007). Les producteurs de Sèmè-kpodji sont surtout menacés par le projet de construction du nouveau port à Sèmè-kpodji. Cette insertion du maraîchage dans les programmes municipaux ou communaux pourrait garantir le revenu à une frange importante de la population active (les producteurs actuels et les diplômés sans emplois). Les

municipalités pourraient aussi les inciter à contribuer aux financements des infrastructures en imposant de sommes forfaitaires aux producteurs.

4.6. Conclusion

L'activité de production maraîchère urbaine et périurbaine a été caractérisée dans les sites de production à Cotonou, Sèmè-kpodji et Ouidah et sept systèmes de production ont été identifiés. La production utilise des intrants chimiques (pesticides, urée, NPK), ce qui présente des risques pour la santé humaine et l'environnement. Elle contribue également à la valorisation des déchets ménagers et ceux issus de l'aviculture par l'utilisation du compost et des fientes de volailles pour l'amendement des sols. La production maraîchère constitue l'activité principale pour la grande majorité des producteurs et leur génère des revenus leur permettant de subvenir aux besoins de leurs foyers. Elle génère en aval des revenus par les activités de commercialisation de légumes frais dans les marchés de consommation auxquelles s'adonnent les femmes. Malgré sa fonction économique et sociale (création d'emplois et revenus), la pérennité de cette activité devient une question importante. Ainsi pour assurer la durabilité de cette activité, les autorités municipales ou communales doivent l'insérer dans leurs programmes d'action prioritaires afin de préserver ces espaces verts de production et l'emploi à de nombreux jeunes dans la population active et aussi améliorer la productivité et l'impact environnemental de cette activité.

Après ce chapitre qui traite de la caractérisation des exploitations maraîchères, le suivant : **“Evaluation de la durabilité de la production maraîchère au sud-Bénin”** présentera les scores de durabilité des exploitations au niveau des trois dimensions du Développement Durable et identifiera les pistes d'amélioration vers la durabilité.

CHAPITRE 5 : Evaluation de la durabilité de la production maraîchère au Sud-Bénin

Chapitre 5 : Evaluation de la durabilité de la production maraîchère au Sud-Bénin

Le concept de Développement Durable se définit comme « un mode de développement qui est censé satisfaire les besoins du présent sans compromettre la capacité des générations futures à satisfaire aux leurs »¹. Il apparaît comme une nécessité pour répondre aux problèmes environnementaux sans cesse croissants dans le monde et aux attentes sociétales. Depuis l'énoncé de ce concept, la communauté scientifique s'est progressivement mobilisée et de nombreux travaux théoriques ont peu à peu précisé les conditions fondamentales de base de la durabilité (Vilain *et al.*, 2008). Pour être durable, une activité économique doit être économiquement viable, écologiquement saine et socialement équitable, c'est-à-dire en plus d'être rentable financièrement et économiquement, l'activité doit être capable de perdurer indéfiniment tout en conservant le stock des ressources naturelles non renouvelables qu'elle utilise et générer un flux de pollution zéro ou proche de zéro et assurer une bonne qualité de vie à l'exploitant et favoriser le développement local. La promotion d'une agriculture durable est une nécessité pour assurer un héritage du patrimoine naturel aux générations futures d'autant que l'agriculture constitue la base des économies d'Afrique tropicale. Cette notion d'agriculture durable est l'application du concept de durabilité au secteur agricole. L'évaluation de la durabilité au niveau de l'exploitation agricole nécessite la mise au point des outils et méthodes. L'une de ces méthodes est la méthode Indicateurs de Durabilité des Exploitations Agricoles (IDEA) de Vilain *et al.* (2008). La production maraîchère est une branche importante de l'agriculture urbaine et périurbaine reconnue pour ses impacts sur l'environnement. En effet, l'activité engendre d'importantes nuisances sur le plan environnemental, notamment les problèmes d'irrigation agricole, de réduction de la biodiversité et de santé humaine liés à l'utilisation des pesticides chimiques (Cissé *et al.*, 2003 ; Traoré *et al.*, 2006 ; Pazou *et al.*, 2006 ; Assogba-Komlan *et al.*, 2007). La promotion d'une production maraîchère axée sur les trois dimensions de la durabilité est nécessaire pour la préservation de la biodiversité, des ressources non renouvelables et la santé des producteurs et consommateurs. Il est donc important de mesurer la façon dont chaque unité de production maraîchère contribue au Développement Durable et d'identifier les voies d'amélioration pour atteindre cet objectif. La méthode IDEA étant inadaptée à l'horticulture et au maraîchage, la mise au point d'indicateurs d'évaluation de la durabilité de la production maraîchère (IDPM) focalisée sur la méthode IDEA a été effectuée par une équipe pluridisciplinaire (Chapitre 3).

¹ Définition adoptée à la Conférence de Rio (1992)

L'objectif de ce chapitre est d'évaluer la durabilité des exploitations de production maraîchère du sud du Bénin au moyen de l'IDPM.

5.1. Durabilité agroécologique

La moyenne de la durabilité agroécologique était de 50,16 points sur 100 avec une étendue de 38 à 84 (Tableau VII). Ce pilier de la durabilité regroupe la diversité écologique, l'organisation de l'espace et les pratiques agricoles. La diversité écologique avait une moyenne de 11,38 points sur 30 avec un maximum de 24 points. La moyenne représente 37,93% du maximum théorique. La figure 8 montre l'écart élevé existant entre la moyenne de cette composante et son maximum théorique. Les exploitations sont moins diversifiées en matière de production et l'activité telle que menée ne favorise pas le maintien de la diversité spécifique des sols. Parmi les indicateurs de cette composante, seul celui de « Valorisation et conservation du patrimoine génétique » a obtenu une moyenne qui représente 98,5% de son maximum théorique. Ceci est lié au fait que le Bénin n'a pas adopté les organismes génétiquement modifiés (OGM) pour sa production agricole.

En ce qui concerne la composante « organisation de l'espace », la moyenne était de 12,8 sur 25 points alors que le maximum était de 23 points (Tableau VII). Cette moyenne représente 51,2% du maximum théorique (Tableau VII et Figure 8). L'indicateur « rotation et succession culturale » avait une moyenne supérieure à 78,8% du maximum théorique. Les moyennes des autres indicateurs « assolement » et « dimension des parcelles » représentent respectivement 56,0% et 27,8% des maxima théoriques. Les scores observés au niveau de la composante « organisation de l'espace » sont liés à la faiblesse des superficies emblavées.

Quant aux pratiques agricoles, la moyenne était de 25,98 points sur 45 et le maximum était de 37 points (Tableau VII). La moyenne de la composante « pratiques agricoles » représente 57,73% du maximum théorique (Tableau VII). Les indicateurs « fertilisation » et « protection des végétaux » avaient une moyenne inférieure à 50% des maxima théoriques (Tableau VII). Ces scores traduisent que la majorité des producteurs adoptent des pratiques de fertilisation et de lutte contre les ravageurs présentant des risques élevés pour les écosystèmes et la santé humaine.

La grande majorité des exploitations (97,45%) avait un score de durabilité agroécologique en dessous de 65 (Tableau VIII). Environ trois quarts des exploitations (76,64%) avaient un score de durabilité agroécologique inférieur à 55. Les proportions des

exploitations ayant un score de durabilité agroécologique inférieur à 55 étaient respectivement de 82,85% ; 41,66% et 100,00% à Houéyiho, Sèmè-kpodji et Ouidah. Plus de la moitié des exploitations à Ouidah avait un score de durabilité agroécologique inférieur à 45 sur 100. Une différence significative a été observée dans les scores de durabilité agroécologique selon les sites ($p < 0,0001$). Les scores moyens de la durabilité agroécologique étaient respectivement de 49,86 ; 56,19 et 44,66 à Houéyiho, Sèmè-kpodji et Ouidah (Tableau IX). Les maxima étaient respectivement de 59, 88 et 54 respectivement à Houéyiho, Sèmè-kpodji et Ouidah (Tableau X), alors que les minima étaient respectivement de 38, 44 et 40 dans ces mêmes sites. Les faibles scores observés à Ouidah au niveau de cette dimension de la durabilité sont liés à la faible expérience des producteurs et au faible niveau d'encadrement.

Tableau VII. Valeurs moyennes des indicateurs de la dimension agroécologique

Composantes	Indicateurs	Moyenne	Ecart-type	Minimum Maximum		Bornes
Diversité écologique	Diversité des cultures traditionnelles	3,09	1,67	0	8	0-8
	Diversité des cultures exotiques	2,84	1,86	0	8	0-8
	Diversité végétale associée	0,37	0,68	0	2	0-2
	Valorisation et conservation du patrimoine génétique	3,94	0,23	3	4	0-5
	Préservation de la biodiversité	1,15	0,84	0	7	0-7
	Ensemble	11,38	2,93	6	24	0-30
Organisation						
spatiale	Assolement	5,6	1,37	2	10	0-10
	Dimension des parcelles	2,78	1,57	2	10	0-10
	Rotation et succession culturale	4,42	0,89	0	5	0-5
	Ensemble	12,8	2,78	4	23	0-25
Pratiques agricoles	Fertilisation	5,74	1,02	3	12	0-12
	Protection des végétaux	5,34	1,05	4	12	0-12
	Protection du sol	2,89	0,14	1	3	0-3
	Gestion de l'eau	2,95	0,24	1	3	0-3
	Gestion des emballages de produits chimiques	3,43	0,58	2	4	0-8
	Dépendance énergétique	2,51	0,94	0	3	0-3
	Gestion des matières organiques	3,02	0,52	1	4	0-4
	Ensemble	25,98	1,89	22	37	0-45
Total de la dimension agroécologique		50,16	6,4	38	84	0-100

Source : Enquêtes 2009-2010

Tableau VIII. Distribution des scores de durabilité agroécologique

Durabilité agroécologique	Houéyiho		Sèmè-kpodji		Ouidah		Ensemble	
	Nbre	%	Nbre	%	Nbre	%	Nbre	%
[35,45[	15	14,28	1	2,08	24	54,55	40	20,30
[45,55[	72	68,57	19	39,58	20	45,45	111	56,34
[55,65[	18	17,14	23	47,92	0	0,00	41	20,81
[65,75[	0	0,00	4	8,33	0	0,00	4	2,03
[75,85[	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00
[85,95[	0	0,00	1	2,08	0	0,00	1	0,51
Total	105	100,00	48	100,00	44	100,00	197	100,00

Source : Enquêtes 2009-2010

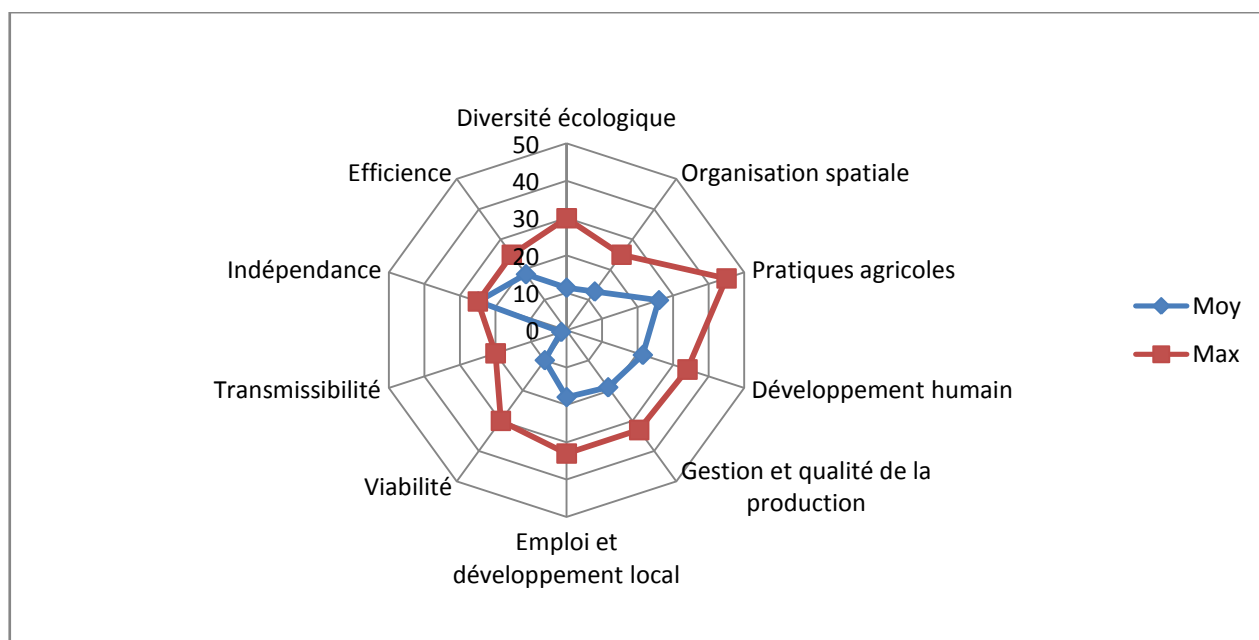


Figure 8. Moyennes et maxima théoriques des scores de composantes de la durabilité

Source : Enquêtes 2009-2010

Tableau IX. Moyenne des scores de durabilité par site de production

Dimensions	Houéyiho		Sèmè-kpodji		Ouidah		Ensemble		Seuil de signification
	Ecart-		Ecart-		Ecart-		Ecart-		p-value
	Moyenne	type	Moyenne	type	Moyenne	type	Moyenne	type	
Agroécologique									
Diversité écologique	10,98	2,37	14,27	3,39	9,52	1,99	11,38	2,93	P< 0,0001
Organisation spatiale	12,46	2,12	15,69	2,68	10,48	1,23	12,8	2,78	P< 0,0001
Pratiques agricoles	26,48	1,58	26,23	2,35	24,66	1,36	25,98	1,89	P< 0,0001
Total de la dimension agroécologique	49,86	4,79	56,19	7,15	44,66	3,41	50,16	6,4	P< 0,0001
Socioterritoriale									
Développement humain	21,24	1,66	22,77	0,95	20,48	1,81	21,44	1,75	p< 0,0001
Gestion et qualité de la production	19,1	0,83	20,02	0,84	17,23	1,49	18,91	1,41	P< 0,0001
Emploi et développement local	18,38	1,46	19,19	1,84	15,52	3,06	17,93	2,37	P< 0,0001
Total de la dimension socioterritoriale	58,72	3,24	61,98	3,08	53,23	5,52	58,28	4,83	p< 0,0001
Economique									
Viabilité	8,61	3,22	13,21	5,41	9,57	6,12	9,94	4,93	p< 0,0001
Transmissibilité	0,85	1,69	2,39	4	2,14	2,72	1,51	2,74	p< 0,0001
Indépendance	24,98	0,2	25	0	24,52	0,99	24,88	0,53	p< 0,0001
Efficience	18,8	2,74	17,69	2,57	18,75	2,25	18,52	2,62	p= 0,1441
Total de la dimension économique	53,24	6,18	58,29	10,14	54,98	10,1	54,86	8,46	p= 0,0296
Durabilité globale	49,23	4,97	54,15	6,38	44,52	3,47	49,32	5,78	p< 0,0001

Source : Enquêtes 2009-2010

Tableau X. Maxima et minima des scores de durabilité par site de production

Dimensions	Houéyiho		Sèmè-kpodji		Ouidah		Ensemble	
	Maximum	Minimum	Maximum	Minimum	Maximum	Minimum	Maximum	Minimum
Agroécologique								
Diversité écologique	16	6	28	8	17	6	24	6
Organisation spatiale	18	4	23	11	13	9	23	4
Pratiques agricoles	30	23	37	22	29	22	37	22
Total de la dimension agroécologique	59	38	88	44	54	40	84	38
Socioterritoriale								
Développement humain	26	16	28	22	23	16	28	16
Gestion et qualité de la production	20	17	24	19	19	13	24	13
Emploi et développement local	23	14	28	16	20	9	26	9
Total de la dimension socioterritoriale	67	49	80	58	61	41	80	41
Economique								
Viabilité	26	5	30	6	27	5	30	5
Transmissibilité	10	0	20	0	10	0	20	0
Indépendance	25	23	25	25	25	21	25	21
Efficience	24	15	24	15	24	15	24	15
Total de la dimension économique	81	45	90	47	86	44	90	44
Durabilité globale	59	38	80	44	54	40	78	38

Source : Enquêtes 2009-2010

5.2. Durabilité socioterritoriale

La moyenne de cette dimension de la durabilité était de 58,28 points sur 100 avec une étendue de 41 à 80 (Tableau XI). Ce pilier de la durabilité comporte trois composantes : le développement humain, la gestion et qualité de la production et emploi et développement local. La composante «développement humain » avait une moyenne de 21,44 points avec un maximum de 28 points. Cette moyenne représente 63,06% du maximum théorique qui est de 34 points (Tableau XI et Figure 8). Parmi les indicateurs de cette composante, celui de « Formation» a obtenu la moyenne la plus faible (0,65 point) qui représente 13,00% de son maximum théorique qui est de 5 points. L'activité contribue à la sécurité alimentaire en mettant des légumes à la disposition des consommateurs, mais il y a manque de formation et un défaut d'hygiène au travail et de protection de l'environnement au niveau des producteurs.

En ce qui concerne la composante «gestion et qualité de la production », la moyenne était de 18,91 sur 33 points alors que le maximum était de 24 points (Tableau XI). Cette moyenne représente 57,30% du maximum théorique (Tableau XI et Figure 8). L'indicateur « qualité des aliments » avait une moyenne représentant 31,58% du maximum théorique. La moyenne de l'indicateur « gestion des déchets de production » représente 41,12% du maximum théorique. Les moyennes des autres indicateurs de cette composante représentent plus de 60,00% de leurs maxima théoriques. Cette composante de la durabilité peut être améliorée par une production biologique et l'usage des fientes ou compost traités avant utilisation, ce qui limitera les risques de contamination microbiologique.

Quant à la composante « emploi et développement local », la moyenne était de 17,93 points sur 33 et le maximum était de 26 points (Tableau XI). La moyenne de cette composante de la dimension socioterritoriale représente 54,33% du maximum théorique (Tableau XI et Figure 8). Les indicateurs « contribution directe à l'emploi » et « travail collectif » de cette composante avaient une moyenne faible inférieure à 33 % des maxima théoriques (Tableau XI). Les faibles scores enregistrés au niveau de « contribution directe à l'emploi » sont liés à la faiblesse de la main d'œuvre permanente. Les producteurs emploient de la main d'œuvre temporaire en cas de besoin. La faiblesse des travaux collectifs peut s'expliquer par le fait que la production est faite en milieu urbain et périurbain où la solidarité se fait rare. La grande majorité des exploitations (96,95%) avait un score de durabilité socioterritoriale en dessous de 65 (Tableau XII). Environ 4/5 des exploitations (80,71%)

avaient un score de durabilité socioterritoriale compris entre 55 et 65 points sur 100. Les exploitations ayant un score de durabilité socioterritoriale compris entre 55 et 65 appartenaient en grande majorité aux sites de production de Houéyiho (90,48%) et Sèmè-kpodji (91,67%). Seules 3,05% des exploitations avaient un score de durabilité socioterritoriale supérieur ou égal à 65. Une différence significative a été observée dans les scores de durabilité socioterritoriale selon les sites ($p < 0,0001$). Les scores moyens de durabilité socioterritoriale étaient respectivement de 58,72 ; 61,98 et 53,23 à Houéyiho, Sèmè-kpodji et Ouidah (Tableau IX). Les maxima étaient respectivement de 67, 80 et 61 respectivement à Houéyiho, Sèmè-kpodji et Ouidah (Tableau X), alors que les minima étaient respectivement de 49, 58 et 41 dans ces mêmes sites de production.

Tableau XI. Valeurs moyennes des indicateurs de la dimension Socioterritoriale

Composantes	Indicateurs	Moyenne	Ecart-			
			type	Minimum	Maximum	Bornes
Développement humain	Contribution à l'équilibre alimentaire	6,83	0,47	5	7	0-7
	Formation	0,65	0,72	0	5	0-5
	Cadre de travail	3,79	0,43	2	4	0-7
	Qualité de vie	3,66	0,53	2	4	0-4
	Hygiène et sécurité au travail	3,55	0,7	3	8	0-8
	Isolement géographique et socioculturel	2,95	0,22	2	3	0-3
	Ensemble	21,44	1,75	16	28	0-34
Gestion et qualité de la production	Qualité des aliments	3,79	0,64	2	8	0-12
	Gestion des déchets de la production	3,77	0,42	3	4	0-8
	Accueils clients et visiteurs	2,94	0,23	2	3	0-3
	Accessibilité de l'espace	3,67	0,55	2	4	0-4
	Force du réseau de relations avec clients et fournisseurs	2,82	0,43	1	4	0-4
	Information des clients sur la qualité des produits	1,91	0,28	1	2	0-3
	Ensemble	18,91	1,41	13	24	0-33
Emploi et développement local	Valorisation par filière courte	4,93	0,33	3	5	0-5
	Contribution directe à l'emploi	1,21	0,71	1	7	0-7
	Travail collectif	1,83	0,37	1	2	0-6
	Pérennité	2,74	0,58	1	3	0-3
	Acceptabilité de l'implantation par le voisinage	2,87	0,44	1	3	0-3
	Implication sociale	3,7	0,59	1	4	0-7
	Participation à l'élaboration des politiques de la filière	0,64	0,65	0	2	0-2
	Ensemble	17,93	2,37	9	26	0-33
Total de la dimension socioterritoriale		58,28	4,83	41	80	0-100

Source : Enquêtes 2009-2010

Les scores de la dimension socioterritoriale sont moins élevés à Ouidah en raison du fait que la production dans cette zone utilise très peu de main d'œuvre permanente. Le niveau de qualité des aliments produits, jugé par les pratiques phytosanitaires (délai de carence ou de sécurité avant récolte, la fréquence des traitements, l'usage direct des fientes de volailles) explique aussi les scores obtenus à Ouidah au niveau de cette dimension de la durabilité.

Mais les scores relativement élevés au niveau de cette dimension traduisent une bonne insertion des exploitations dans leur milieu.

Tableau XII. Distribution des scores de durabilité socioterritoriale

Durabilité								
socioterritoriale	Houéyiho		Sèmè-kpodji		Ouidah		Ensemble	
Scores	Nbre	%	Nbre	%	Nbre	%	Nbre	%
[35,45[	0	0,00	0	0,00	3	6,82	3	1,52
[45,55[	8	7,62	0	0,00	21	47,73	29	14,72
[55,65[	95	90,48	44	91,67	20	45,45	159	80,71
[65,75[	2	1,90	3	6,25	0	0,00	5	2,54
[75,85[	0	0,00	1	2,08	0	0,00	1	0,51
[85,95[	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00
Total	105	100,00	48	100,00	44	100,00	197	100,00

Source : Enquêtes 2009-2010

5.3. Durabilité Economique

La moyenne de la dimension économique de la durabilité était de 54,86 points sur 100 avec une étendue de 44 à 90 (Tableau XIII). Cette échelle de la durabilité comporte quatre composantes : viabilité, transmissibilité, indépendance et efficience. La composante «viabilité » avait une moyenne de 9,94 points avec un maximum de 30 points. Cette moyenne représente 33,13% du maximum théorique qui est de 30 points (Tableau XIII et Figure 8). Parmi les indicateurs de cette composante, celui de « viabilité économique» avait obtenu la moyenne la plus faible (2,06 point) qui représente 10,30% de son maximum théorique (20 points). Pour cet indicateur, les scores variaient de 0 à 20 points. Les exploitations maraîchères sont peu viables économiquement. Ces constats sont liés aux petites superficies exploitées qui ne permettent pas aux producteurs d'enranger des profits élevés.

Concernant, la composante «transmissibilité », la moyenne était de 1,51 point (Tableau XIII). Cette moyenne représente 7,55% du maximum théorique qui est de 20 points (Tableau XIII et Figure 8). Le minimum et le maximum de scores de cette composante étaient respectivement de 0 et 20 points. Les exploitations maraîchères sont faiblement

transmissibles. La faible transmissibilité des exploitations est expliquée par la faible viabilité économique et le faible nombre ou l'absence d'héritiers directs travaillant avec les exploitants. Quant à la composante « indépendance », sa moyenne était de 24,88 points et représente 99,52% du maximum théorique. Les minimum et maximum étaient respectivement 21 et 25 points. Les maraîchers sont autonomes financièrement et ne bénéficient pas d'aides financières ou de subventions pour leur activité de production. En ce qui concerne la composante « efficience », la moyenne était de 18,52 points et représente 74,08% du maximum théorique qui est de 25 points. Le minimum et le maximum de scores obtenus au niveau de cette composante étaient respectivement de 15 et 24 points. Les exploitations ont une bonne efficience financière. La production maraîchère en milieu urbain et périurbain est rentable financièrement.

La grande majorité des exploitations (90,35%) avait un score de durabilité économique en dessous de 65 (Tableau XIV). Environ 3/5 des exploitations (61,93%) avaient un score de durabilité économique compris entre 45 et 55 points sur 100. Les exploitations ayant un score de durabilité économique compris entre 45 et 55 étaient respectivement de 69,52% ; 52,08% et 54,54% à Houéyiho, Sèmè-kpodji et Ouidah. Seules 5,58% des exploitations avaient un score de durabilité économique compris entre 65 et 75 points sur 100. Une différence significative au seuil de 5% a été observée dans les scores de durabilité économique selon les sites ($p=0,0296$). Les scores moyens de la durabilité économique étaient respectivement de 53,24 ; 58,29 et 54,98 à Houéyiho, Sèmè-kpodji et Ouidah (Tableau IX). Les maxima étaient respectivement de 81, 90 et 86 respectivement à Houéyiho, Sèmè-kpodji et Ouidah (Tableau X), alors que les minima étaient respectivement de 45, 47 et 44 dans ces mêmes sites de production. Cette différence significative constatée au niveau de l'efficience entre sites peut être expliquée par la stratégie de vente et le niveau de concurrence auquel font face les producteurs.

Tableau XIII. Valeurs moyennes des indicateurs de la dimension économique

Composantes	Indicateurs	Moyenne	Ecart-			
			type	Minimum	Maximum	Bornes
Viabilité	Viabilité économique	2,06	4,18	0	20	0-20
	Diversification de la production	7,88	1,78	5	10	0-10
	Ensemble	9,94	4,93	5	30	0-30
Transmissibilité	Transmissibilité	1,51	2,74	0	20	0-20
Indépendance	Autonomie financière	14,94	0,39	12	15	0-15
	Sensibilité aux aides	9,94	0,32	8	10	0-10
	Ensemble	24,88	0,53	21	25	0-25
Efficienne	Utilisation des ressources	18,52	2,63	15	24	0-25
Total de la dimension économique		54,86	8,46	44	90	0-100

Source : Enquêtes 2009-2010

Tableau XIV. Distribution des scores de durabilité économique

Durabilité économique Scores	Houéyiho		Sèmè-kpodji		Ouidah		Ensemble	
	Nbre	%	Nbre	%	Nbre	%	Nbre	%
[35,45[	0	0,00	0	0,00	3	6,82	3	1,52
[45,55[	73	69,52	25	52,08	24	54,54	122	61,93
[55,65[	28	26,67	15	31,25	10	22,73	53	26,90
[65,75[	3	2,86	4	8,33	4	9,09	11	5,58
[75,85[	1	0,95	2	4,16	2	4,54	5	2,54
[85,95[	0	0,00	2	4,16	1	2,27	3	1,52
Total	105	100	48	100,00	44	100,00	197	100,00

Source : Enquêtes 2009-2010

5.4. Durabilité globale

La moyenne de la durabilité était de 49,32 points sur 100 avec une étendue de 38 à 78 (Tableaux IX et X). Plus de 1/5 (21,32%) des exploitations avaient un score de durabilité globale inférieur à 45 points sur 100 ; 62,94% avaient un score compris entre 45 et 55 points sur 100 ; 14,72% avaient un score compris entre 55 et 65 points sur 100 (Tableau XV). Seules deux exploitations (1,01%) avaient un score de durabilité globale supérieur ou égal à 65 points sur 100. Ces dernières appartenaient au site de Sèmè-kpodji. Une différence significative a été observée selon les sites au niveau de la durabilité globale ($p < 0,0001$) (Tableau IX). Les moyennes étaient respectivement de 49,23% ; 54,15% et 44,52% à Houéyiho, Sèmè-kpodji et Ouidah. Environ 3/5 soit 59,09% des exploitations à Ouidah avait un score de durabilité inférieur 45 points sur 100. Aucune exploitation à Ouidah n'a obtenu un score de durabilité supérieur ou égal à 55 points.

Dans la majorité des exploitations, la durabilité de la production était limitée uniquement par la dimension agroécologique (65,48%) (Tableau XVI). La durabilité était limitée par la dimension économique dans 24,37% des exploitations. A Ouidah, la durabilité était limitée par la dimension agroécologique dans 85,42% des exploitations. Ceci explique les faibles scores de durabilité globale observés à Ouidah.

Concernant les classes issues de la typologie (chapitre 4), Ce sont les exploitations appartenant à la classe 7 qui ont obtenu la moyenne de durabilité globale la plus élevée (56,83 points sur 100) suivie de la classe 4 (53,92 points sur 100), de la classe 6 (52,19 points sur 100) et de la classe 3 (50,90 points sur 100) (Tableau XVII). Les classes 1 et 5 ont obtenu les scores moyens les plus faibles respectivement 44,81 et 44,10 points sur 100. Ces deux catégories d'exploitants ont des pratiques moins écologiques et n'ont pas un système d'arrosage motorisé.

Tableau XV. Distribution des scores de durabilité globale

Durabilité globale Scores	Houéyiho		Sèmè-kpodji		Ouidah		Ensemble	
	Nbre	%	Nbre	%	Nbre	%	Nbre	%
[35,45[	15	14,28	1	2,08	26	59,09	42	21,32
[45,55[	79	75,24	27	56,25	18	40,91	124	62,94
[55,65[	11	10,48	18	37,50	0	0,00	29	14,72
[65,75[	0	0,00	1	2,08	0	0,00	1	0,51
[75,85[	0	0,00	1	2,08	0	0,00	1	0,51
[85,95[	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00
Total	105	100,00	48	100,00	44	100,00	197	100,00

Source : Enquêtes 2009-2010

Tableau XVI. Distribution des dimensions limitant la durabilité par zone d'étude

Dimensions limitant	Houéyiho		Sèmè-kpodji		Ouidah		Ensemble	
	Nbre	%	Nbre	%	Nbre	%	Nbre	%
Agroécologique	66	62,86	22	45,83	41	85,42	129	65,48
Agroécologique et Economique	10	9,52	2	4,17	0	0,00	12	6,09
Agroécologique et Socioterritoriale	0	0,00	1	2,08	0	0,00	1	0,51
Economique	29	27,62	18	37,50	1	2,27	48	24,37
Socioterritoriale	0	0,00	5	10,42	2	1,14	7	3,55
Total	105	100,00	48	100,00	44	100,00	197	100,00

Source : Enquêtes 2009-2010

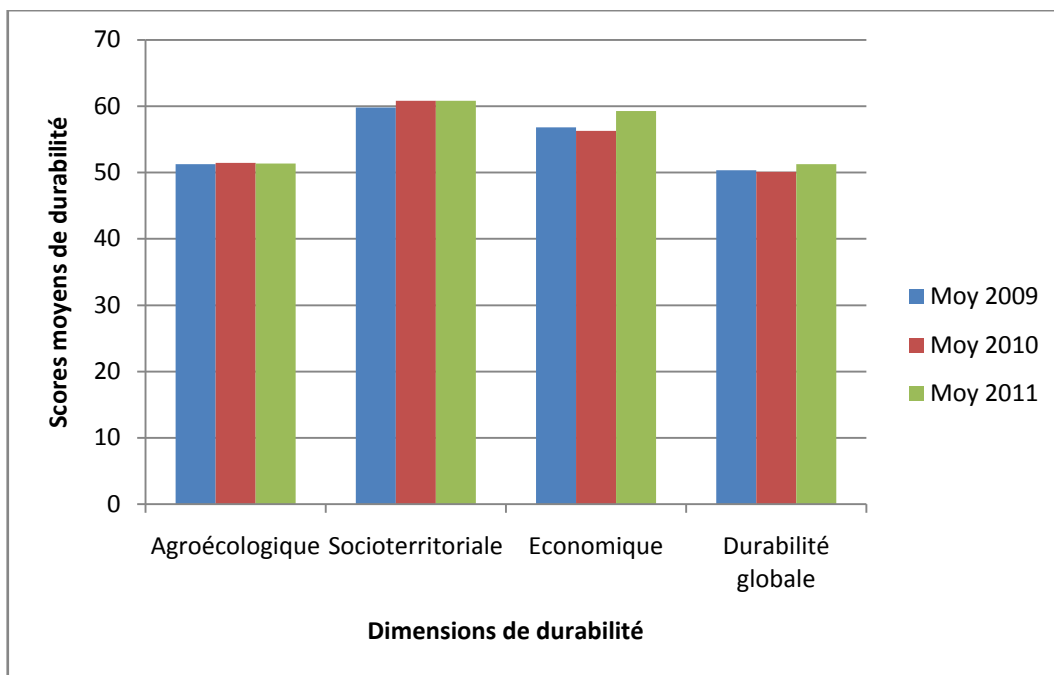
Tableau XVII. Moyennes de durabilité selon les sept classes issues de la typologie (chapitre 4)

Groupes	Moyennes des dimensions de durabilité			
	Agroécologique	Socioterritoriale	Economique	Durabilité globale
Classe 1	45,23	55,92	50,15	44,81
Classe 2	49,39	57,98	52,16	48,70
Classe 3	51,85	61,2	54,35	50,90
Classe 4	55,15	61,00	63,08	53,92
Classe 5	44,26	53,33	53,38	44,10
Classe 6	54,19	60,58	54,26	52,19
Classe 7	57,96	62,62	64,04	56,83
Seuil de signification	P< 0,0001	P< 0,0001	P< 0,0001	P< 0,0001

Source : Enquêtes 2009-2010

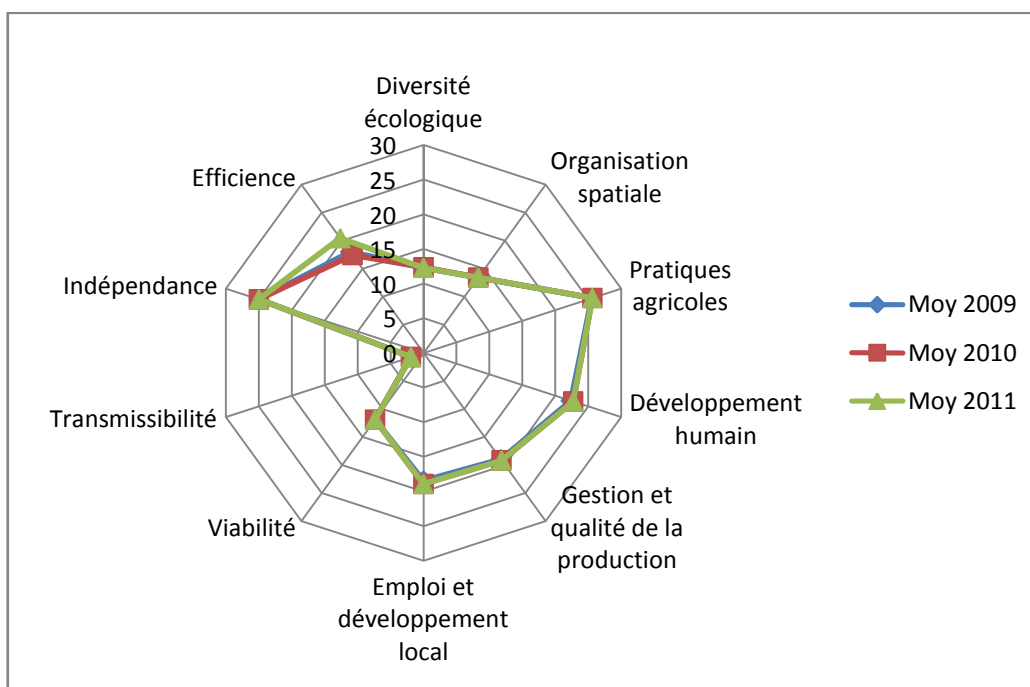
5.5. Evolution de la durabilité

La durabilité globale moyenne des onze exploitations suivies était presque constante entre 2009 et 2010 (50,36 et 50,09 points sur 100) et a légèrement évolué en 2011 (51,27 points sur 100) (Figure 9). La durabilité socioterritoriale moyenne a évolué de 2009 (59,82 points sur 100) à 2010 (60,82 points sur 100) et est restée constante de 2010 à 2011. Quant à la durabilité agroécologique, la moyenne a légèrement augmenté de 2009 (51,27 points) à 2010 (51,45 points) et a décru en 2011 (51,36 points). En ce qui concerne la durabilité économique, le score moyen au niveau des onze exploitations a diminué légèrement entre 2009 (56,82 points) et 2010 (56,27 points), puis a augmenté de 2010 à 2011 (59,27 points). La diminution constatée entre 2009 et 2010 est sans doute liée aux inondations survenues en 2010 qui a occasionné des pertes pour les producteurs. Au niveau des différentes composantes de la durabilité, c'est la composante « efficience » qui a subi beaucoup de variation dans le temps (Figure 10). Les exploitations ont gardé un niveau d'indépendance financière élevé dans le temps (Figure 11). Au niveau de l'exploitation H026 à Houéyiho, on note décroissance puis une croissance de la durabilité globale et de la durabilité économique (Figure 12). Au niveau de l'exploitation S044 à Sèmè-kpodji, la durabilité globale a cru de 2009 à 2010 puis est devenue constante (Figure 13). Au niveau de l'exploitation O018, la durabilité globale a été constante de 2009 à 2011 (Figure 14).



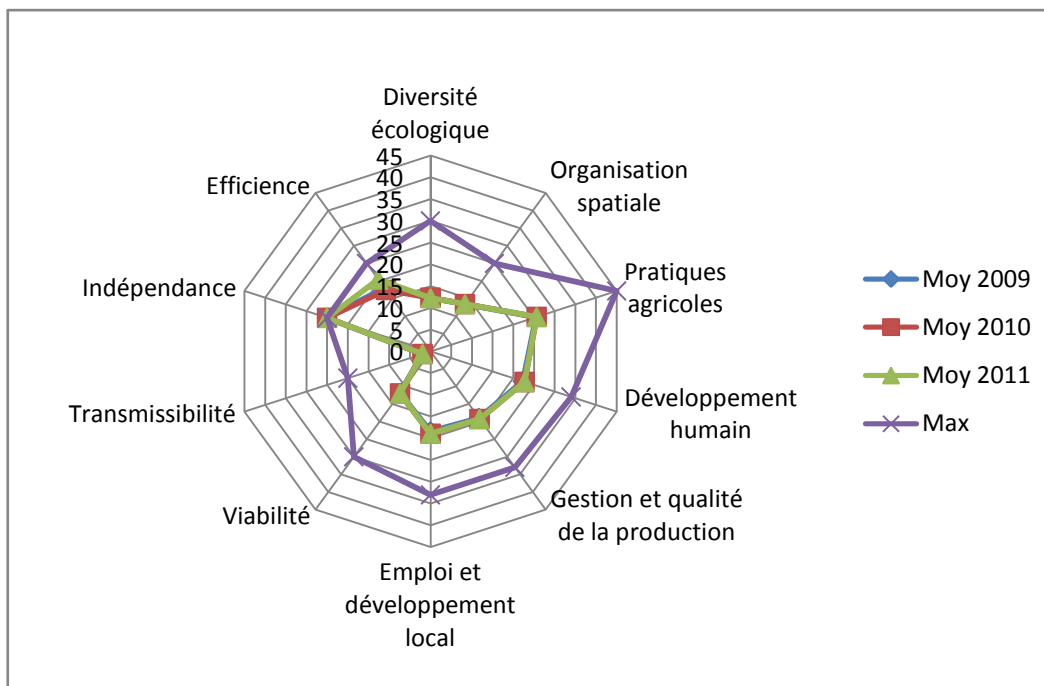
Source : Enquêtes 2009-2012

Figure 9. Evolution de la durabilité moyenne pour les onze exploitations suivies



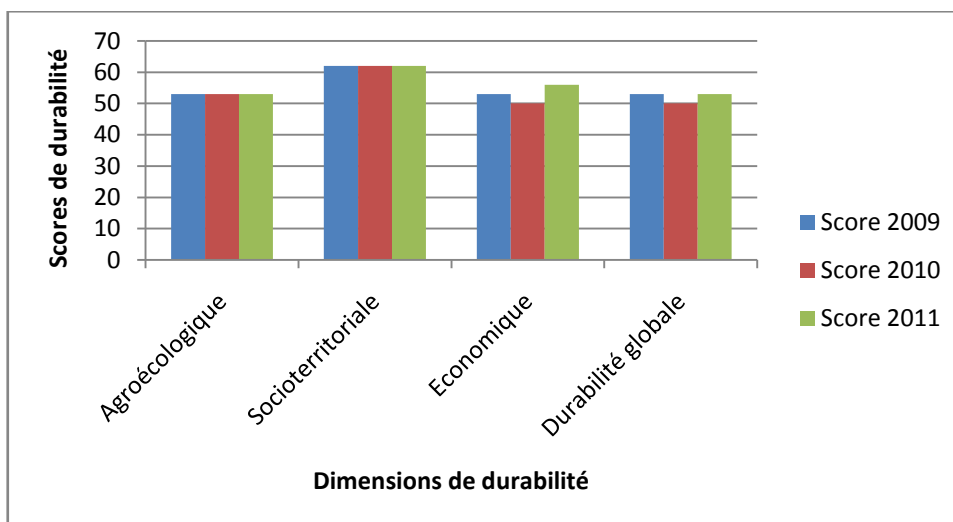
Source : Enquêtes 2009-2012

Figure 10. Evolution des scores moyens des composantes de la durabilité pour les onze exploitations suivies



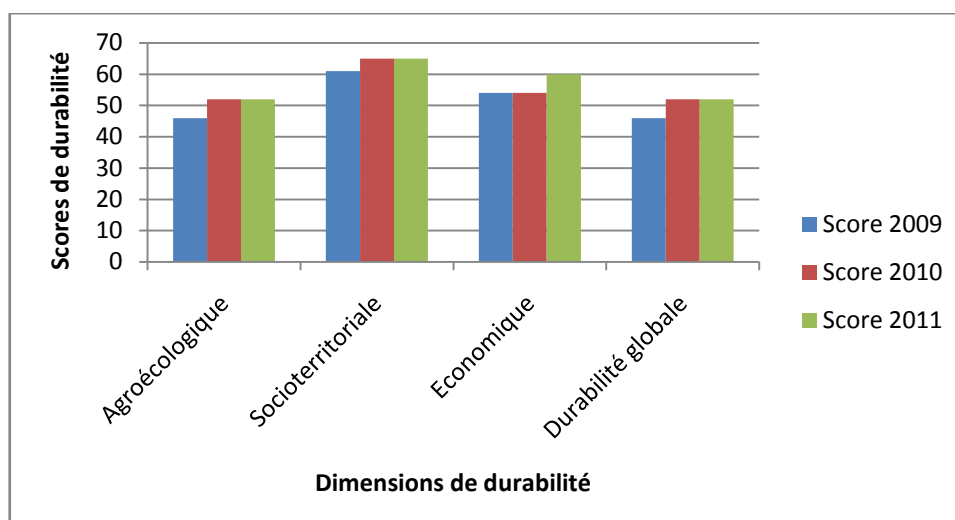
Source : Enquêtes 2009-2012

Figure 11. Evolution des scores moyens et maxima théoriques des composantes de la durabilité pour les onze exploitations suivies



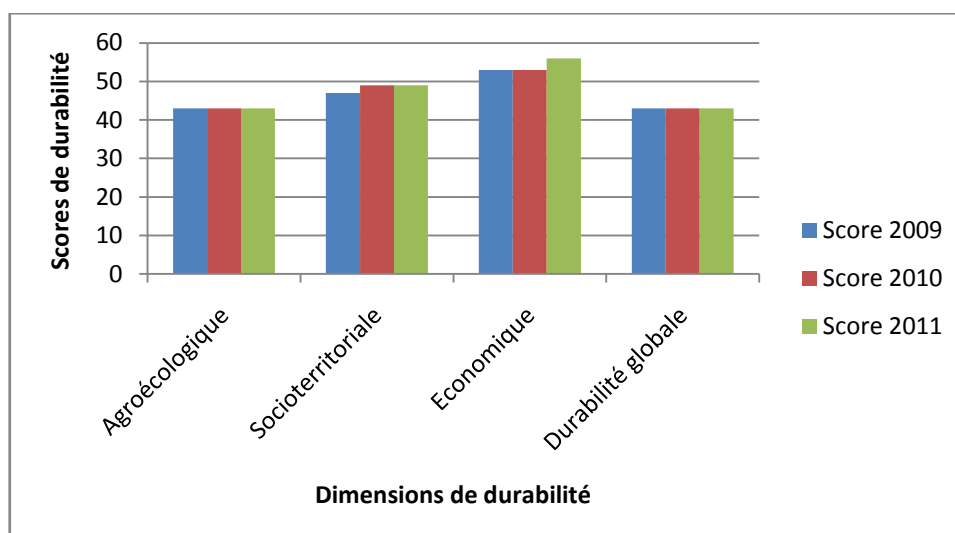
Source : Enquêtes 2009-2012

Figure 12. Evolution de la durabilité au niveau de l'exploitation H026



Source : Enquêtes 2009-2012

Figure 13. Evolution de la durabilité au niveau de l'exploitation S044



Source : Enquêtes 2009-2012

Figure 14. Evolution de la durabilité au niveau de l'exploitation O018

5.6. Discussion

5.6.1. Analyse de la dimension agroécologique de la durabilité

Les scores obtenus au niveau de la dimension agroécologique sont les moins élevés comparés aux autres dimensions de la durabilité. Les résultats au niveau des indicateurs « diversité des cultures traditionnelles », « diversité des cultures exotiques » et « assolement » montrent que les exploitations maraîchères sont moins diversifiées au sud du Bénin. Ceci peut être expliqué par la faiblesse des superficies exploitées. En effet l'indicateur « dimensions des

parcelles » a obtenu un score moyen faible comparé à son maximum théorique. Ce faible niveau de diversification implique une spécialisation dans la production de certains légumes. La production au niveau de chaque exploitation est faite en fonction de la clientèle. Pour la plupart des exploitations, la culture principale occupe souvent plus de 40% des superficies exploitées. Des efforts sont encore possibles au niveau de la rotation culturale puisqu'elles s'effectuent sur moins de 50% des surfaces exploitées. Les scores obtenus au niveau de l'indicateur « préservation de la biodiversité » sont faibles comparés au maximum. Les producteurs utilisent parfois des pesticides chimiques ayant un risque élevé sur les insectes utiles et sur la biodiversité du sol. Les pesticides destinés à la filière coton sont souvent détournés vers les cultures maraîchères (Ahouangninou *et al.*, 2011). En ce qui concerne les pratiques agricoles, les producteurs font un surdosage des pesticides chimiques. Les normes en matière de stockage des pesticides chimiques ainsi que de la gestion des emballages ne sont pas respectées. Ces pratiques sont nuisibles à la santé humaine (Ton *et al.*, 2000). Une utilisation des extraits naturels de plantes pesticides combinée à une bonne rotation culturale est une piste d'amélioration durable de la production. Les producteurs utilisent aussi bien les engrais chimiques, qu'organiques pour la fertilisation. Pour la fertilisation organique, les exploitations consomment les déjections animales et les composts de déchets ménagers (Brock et Foeken, 2006). Une réduction de l'utilisation des engrais chimiques au profit des fientes de volailles ou de compost pourrait améliorer la durabilité de la production. L'utilisation directe des fientes pour les amendements organiques présente certes des risques de contamination des légumes par les bactéries et les entérovirus, mais ces risques biologiques sont minimes comparés au coût écologique de l'usage des engrais chimiques qui polluent l'environnement, dégradent la structure des sols et les rendent moins fertiles, par conséquent non exploitable à moyen et long terme pour la production. Les risques biologiques peuvent être surmontés par une bonne hygiène alimentaire de la part des consommateurs. Une formation des producteurs aux techniques de compostage des déchets organiques (feuilles de plantes après récolte, restes d'aliments) et d'extraction des principes actifs pesticides des plantes est un moyen pour évoluer vers la durabilité de la production maraîchère. Concernant l'irrigation, très peu d'exploitations sont installées à proximité des cours d'eaux. Elles utilisent pour l'arrosage, des eaux de puits ou de bas-fonds aménagés. La dépendance aux énergies fossiles est faible en raison du fait que beaucoup d'exploitations ne possèdent pas un système d'irrigation motorisé.

5.6.2. Analyse de la dimension socioterritoriale de la durabilité

Cette dimension de la durabilité évalue le niveau d'insertion de l'exploitation sur le territoire sur lequel elle est implantée. Les scores obtenus au niveau de la dimension socioterritoriale sont les plus élevés comparés aux autres dimensions de la durabilité. Au niveau de la composante « développement humain », on a noté un manque de formation au niveau des producteurs et un défaut d'hygiène et de sécurité dans leur activité de production. Le manque de connaissances techniques est parfois à l'origine du non-respect des recommandations techniques (M'Hamdi *et al.*, 2009). Des formations régulières au niveau des maraîchers pourront améliorer leurs pratiques et techniques agricoles et leur faire adopter de bonnes pratiques d'hygiène lors de la préparation et l'épandage des pesticides chimiques ainsi que l'amélioration de la qualité des aliments produits. Aussi une forte implication des maraîchers dans les associations de producteurs est nécessaire pour le partage des connaissances et techniques de production ainsi que des informations sur le marché. La contribution directe à l'emploi de la production maraîchère reste encore faible, car les producteurs utilisent pour la plupart de la main d'œuvre familiale et temporaire et très peu de la main d'œuvre salariée. L'implantation des exploitations est acceptée par les populations environnantes. Ceci témoigne de l'utilité de la production pour le territoire. Les producteurs ont pour la majorité de bonnes relations avec les clients et les fournisseurs. Ces relations participent à la socialisation du producteur, mais aussi permet de renforcer son revenu.

5.6.3. Analyse de la dimension économique de la durabilité

Les résultats obtenus au niveau de la dimension économique de la durabilité sont plus dispersés comparés à ceux obtenus sur les dimensions agroécologique et socioterritoriale. Les faibles scores obtenus au niveau de certaines exploitations sont surtout liés à une viabilité économique faible et une faible transmissibilité économique. Les résultats de l'exploitation finançant les prélèvements privés sont faibles et avoisinent en moyenne deux fois le salaire minimum interprofessionnel garanti (SMIG). En effet, la production est soumise à diverses contraintes qui limitent la rentabilité de la production. Ces contraintes sont liées à l'attaque des ravageurs de culture et maladies ainsi qu'au non disponibilité des systèmes d'irrigation motorisés pour l'arrosage. Les producteurs ont une forte indépendance financière. Ceci loin d'être une autosuffisance financière cache une difficulté d'accès aux crédits pour la production agricole. Ces crédits pourraient leur permettre d'accroître la production par l'acquisition d'intrants et d'équipements modernes et améliorer leur productivité. La

production est caractérisée par une efficacité commerciale élevée témoignant d'une bonne stratégie de commercialisation car très peu d'intermédiaires interviennent dans le circuit de distribution des légumes produits (Broutin *et al.*, 2005). La décroissance du score moyen de durabilité économique de 2009 à 2010 au niveau des onze exploitations suivies pourrait être expliquée par la grande inondation qui avait détruit les cultures et empêchant certains maraîchers de se livrer à leurs activités de production pendant quelques mois. Cette situation a certainement joué défavorablement sur la viabilité et l'efficacité financière de la production.

5.7. Conclusion

La méthode IDPM mise au point en se focalisant sur la méthode IDEA, permet de sensibiliser les producteurs à la notion de « Développement Durable » et de les sensibiliser à la nécessité de l'intégrer à la production afin de préserver la biodiversité et de ne pas entamer le capital naturel des générations futures. En effet la méthode française IDEA n'est pas adaptée au maraîchage et à l'horticulture (Vilain *et al.*, 2008). De plus, la France et le Bénin ne présentent pas les mêmes réalités écologiques et socioéconomiques.

Les résultats de l'étude montrent que la production maraîchère au sud du Bénin est limitée par sa dimension agroécologique. Une amélioration de cette dimension de la durabilité va accroître la durabilité globale de la production. Le nombre d'exploitations suivies dans le temps est très faible pour se rendre compte réellement des niveaux d'amélioration de la durabilité après les séances de sensibilisation des producteurs.

Toutefois la méthode proposée n'est pas parfaite, fixant un modèle définitif d'évaluation de la durabilité des systèmes de production maraîchère comme rapporté par M'Hamdi *et al.* (2009) en utilisant le modèle IDEA pour l'évaluation de la durabilité des exploitations laitières tunisiennes. Nous ne pouvons prétendre avoir pris en compte tous les indicateurs pouvant caractériser la durabilité d'une exploitation de production maraîchère. De plus la méthode nécessite une amélioration continue pour l'adapter à l'évolution des connaissances et des théories dans ce domaine de production.

Le chapitre suivant: **“Evaluation des risques des Pratiques phytosanitaires dans le maraîchage au sud-Bénin et ses déterminants”** évaluera les risques sanitaires et environnementaux liés aux pratiques phytosanitaires des producteurs ainsi que les facteurs déterminant leurs pratiques en matière d'usage des pesticides.

CHAPITRE 6 : Evaluation des risques des pratiques phytosanitaires dans le maraîchage au sud-Bénin et ses déterminants

Chapitre 6 : Evaluation des risques des pratiques phytosanitaires dans le maraîchage au sud-Bénin et ses déterminants

Les pesticides sont de plus en plus utilisés dans la production agricole dans les pays d'Afrique subsaharienne pour optimiser les rendements. Les pesticides sont des substances ou mélanges de substances utilisées pour détruire, neutraliser ou empêcher d'agir un insecte, un ravageur, un vecteur de maladie humaine, une espèce végétale ou animale nocive ou gênante au cours de la production, de la transformation, de l'entreposage, du transport ou de la commercialisation des denrées alimentaires, des produits agricoles, des bois, et de dérivés de bois ou d'aliments pour animaux, ou susceptible d'être administré à des animaux pour détruire les insectes, les arachnides, ou autre parasite à la surface de leur corps, ou à l'intérieur de leur organisme (FAO, 1986). L'utilisation de ces produits doit se faire dans le respect de certaines règles afin de prévenir tout dommage pour l'homme et l'environnement. Des problèmes de santé humaine consécutifs à l'utilisation des pesticides en agriculture ont été rapportés dans le monde entier (Samborn *et al.*, 2004 ; Tomenson et Matthews, 2009). Les conséquences environnementales de l'utilisation des pesticides portent sur la qualité de l'air, du sol, de l'eau et leur impact sur la biodiversité (Pimentel *et al.*, 1993). En Afrique de l'Ouest, une contamination de la nappe phréatique par les pesticides a été observée dans la zone périurbaine maraîchère des Niayes au Sénégal (Cissé *et al.*, 2003). Une contamination de l'eau souterraine par les pesticides organophosphorés et organochlorés a été observée dans plusieurs régions en Côte d'Ivoire (Traoré *et al.*, 2006). Après épandage des pesticides sur les feuilles de plantes, il faut un délai d'attente pour effectuer des récoltes afin d'éviter d'éventuelles contaminations des produits alimentaires. Ces délais ne sont toujours pas respectés. Des teneurs de résidus dépassant 0,5 µg/g pour les organochlorés (DDT, Endrine, Heptachlore) ont été décelées dans des légumes au Sud-Bénin (Assogba-Komlan *et al.*, 2007). Comme dans la majorité des pays d'Afrique subsaharienne, les agriculteurs de la commune rurale de Tori-Bossito, connaissent mal la toxicité réelle des pesticides qu'ils utilisent et leur mode d'utilisation sécuritaire (Ahouangninou *et al.*, 2011). Certains pesticides présentant des risques toxicologiques élevés sur la santé humaine et sur l'environnement étaient utilisés en milieu rural à Tori-Bossito (Ahouangninou *et al.*, 2012).

L'objectif de ce chapitre est de caractériser, à l'aide d'indicateurs toxicologiques, et écotoxicologiques, les risques potentiels pour la santé humaine et l'environnement des pratiques phytosanitaires des maraîchers en milieu urbain et périurbain du sud du Bénin et d'identifier les facteurs déterminant ces pratiques.

6.1. Risques des pratiques phytosanitaires

6.1.1. Types de pesticides utilisés

Tous les maraîchers enquêtés utilisent des pesticides principalement les insecticides (100%) et des fongicides (82,74%), des nématicides (9,64%). Les biopesticides ont été utilisés par 5,08% des producteurs. Parmi les pesticides utilisés, 18 ont une activité insecticide, 5 ont une activité fongicide et un a une activité nématicide (Figure 15). Certains insecticides destinés aux cultures cotonnières ou au niébé se retrouvent dans la production maraîchère au sud du Bénin (Figure 16).

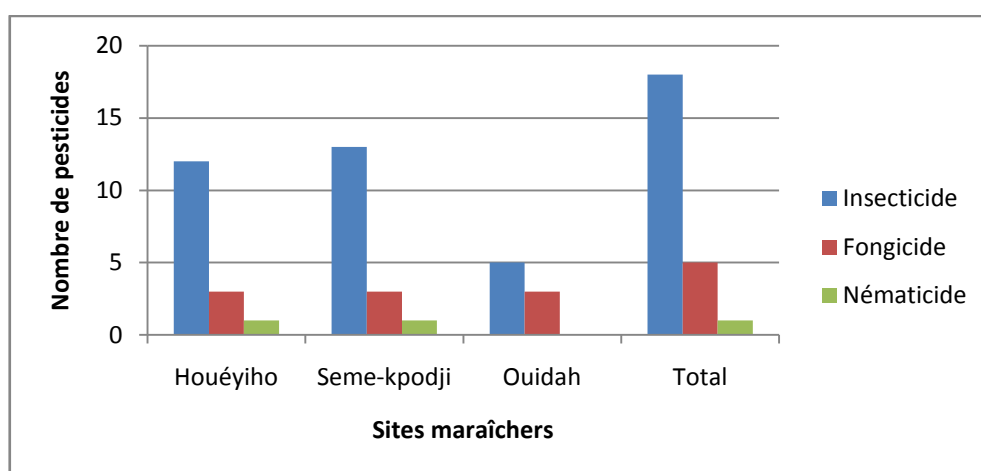


Figure 15. Répartition des pesticides en fonction de leur activité selon les sites de production

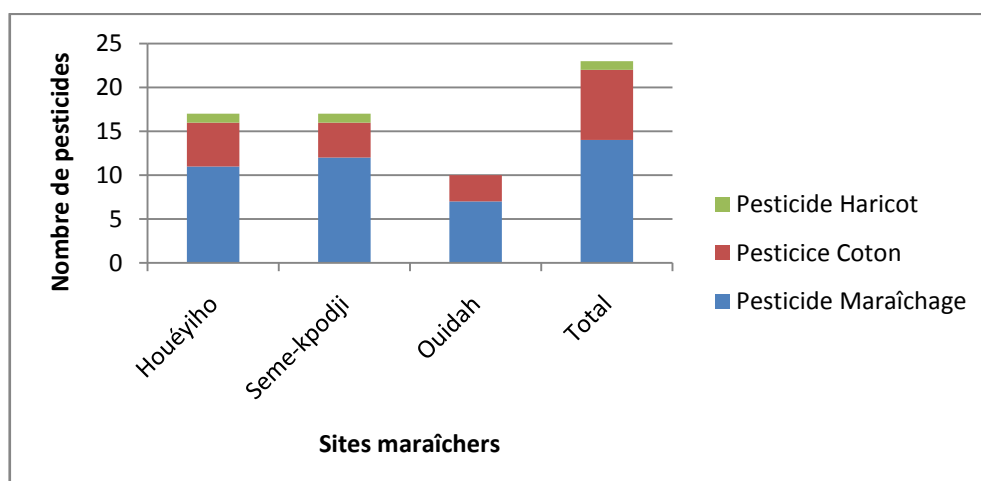


Figure 16. Répartition des pesticides en fonction de la filière à laquelle ils sont destinés

6.1.2. Types de formulations et familles chimiques de pesticides recensés en 2009

Au total, 24 préparations commerciales de pesticides ont été recensées chez les producteurs enquêtés en 2009 (Tableaux XVIII et XIX). La majorité des préparations commerciales insecticides sont des concentrés émulsifiables (EC). Les fongicides recensés sont des formulations de poudres mouillables (WP). Le nématicide DIAFURAN 50G est le seul granulé recensé. Ces pesticides recensés appartiennent en majorité aux familles des organophosphorés, des pyréthrinoïdes, des carbamates et des benzimidazoles (Tableau XVIII).

Les formulations de TOPSIN M (Méthylthiophanate 700 g/Kg), de LAMBDA SUPER 2,5EC (Lambdacyhalotrine 25 g/L), de SHERPHOS 280EC (Cyperméthrine 30 g/L+Triazophos 250 g/L), de CONQUES C88EC (acétamipride+cyperméthrine) et de MANEBE sont les plus utilisés respectivement par 55,8% ; 55,3% ; 17,8% ; 11,2% et 11,2% des maraîchers enquêtés en 2009 (Tableau XIX). Le THIONEX 350EC (Endosulfan) a été retrouvé chez un seul producteur. Les biopesticides LASER 480SC (Spinosad 480 g/L) et BIOBITE (*Bacillus thuringiensis*) ont été retrouvés respectivement chez 4,6% et 0,5% des maraîchers enquêtés. Le SHERPHOS 280EC et le CONQUES C88EC sont deux préparations commerciales recommandées en production cotonnière, mais qui se retrouvent en maraîchage. La grande majorité des producteurs ne respectent pas les dosages recommandés et les délais de carence exigés par le fabricant. Ils mélangent aussi différentes préparations commerciales dans un pulvérisateur à dos contenant de l'eau à des concentrations qui leur conviennent. Les délais de carence observés par les producteurs sont au-delà de deux jours après application des pesticides. La grande majorité observe plus de trois jours, mais certains vont jusqu'à deux semaines après traitement.

Tableau XVIII. Formulations de pesticides recensées chez les maraîchers des trois sites de production en 2009

PREPARATIONS COMMERCIALES	Types de pesticides	Formulations	Matière active 1	Famille chimique	Matière active 2	Famille chimique	Dose à l'hectare	Recommandations
KILSESCT								
2,5EC	Insecticide	EC	Cypermethrine 25 g/l	Pyréthrinoïde		120-300 ml		Maraîchage
CONQUES C								
88EC	Insecticide	EC	Acetamipride 16 g/l	Neonicotinoïde	Cypermethrine 72 g/l	Pyréthrinoïde	1 l/ha	Coton
LAMBDA SUPER			Lambdacyhalothrine				120-300	
2,5EC	Insecticide	EC	25 g/l	Pyréthrinoïde			ml	Maraîchage*
MANATE			Manebe 800 g/kg					Maraîchage*
			Methylthiophanate					
TOPSIN M			700 g/kg					Maraîchage*
			Lambdacyhalothrine					
COTALM P218EC	Insecticide	EC	18 g/l	Pyréthrinoïde	Profenofos 200 g/l	Organophosphoré	1l/ha	Coton
DIAFURAN 5G			Carbofuran				50 kg/ha	Maraîchage*
			Flubendiamide 100					
TIHAN 1750-TEQ			g/l					
			Benzene-dicarboxamide					
MANEBE			Spirotetramate 75					
			g/l					
			Tetramic acid					
MANEBE			Manebe 800 g/kg				1 kg/ha	Maraîchage*
CYPER-D			Cypermethrine 10 g/l				1 l/ha	Maraîchage*
			Pyréthrinoïde					
DECIS			Deltamethrine 13 g/l				1 l/ha	Maraîchage
			Pyréthrinoïde					

KINIKINI	Insecticide	EC	Cyfluthrine 9,6 g/l	Pyréthrinoïde	Malathion 400 g/l	Organophosphoré	1 l/ha	Haricot
LASER 480SC	Insecticide	SC	Spinosad 480 g/l	Spinozoïde			100 ml	Maraîchage
SUNPYRIFOS			Chlorpyrifos-ethyl					
48%	Insecticide	EC	480 g/l	Organophosphoré			1 l/ha	Coton
FOKO	Fongicide	WP	Mancozebe 800 g/kg	Carbamate			1 kg/ha	Maraîchage*
K-OPTIMAL	Insecticide	EC	Acetamipride 20 g/l	Neonicotinoïde	Lambdacyhalothrine 10 g/l		1 l/ha	Maraîchage*
TRIMANGOL 80	Fongicide	WP	Manebe 800 g/kg				1 kg/ha	Maraîchage*
BIOBITE	Insecticide		<i>Bacillus thuringiensis</i>					
SHERPHOS								
280EC	Insecticide		Cypermethrine 30 g/l	Pyréthrinoïde	Triazophos 250 g/l	Organophosphoré	1 l/ha	Coton
MALATHION	Insecticide	EC	Malathion 400 g/l	Organophosphoré			1 l/ha	Coton
					Lambdacyhalothrine			
PACHA	Insecticide	EC	Acetamipride 10 g/l	Neonicotinoïde	15 g/l	Pyréthrinoïde	1 l/ha	Maraîchage
THIONEX 350EC	Insecticide	EC	Endosulfan 350 g/l	Cyclodien-chloré			2 l/ha	Coton
			Cypermethrine					
CYDIM	Insecticide	EC	136g/l	Pyréthrinoïde	Diméthoate 400 g/l	Organophosphoré	1 l/ha	Coton
CYPERCAL 50EC	Insecticide	EC	Cypermethrine 50 g/l	Pyréthrinoïde			1 l/ha	Maraîchage

* : Homologué au Bénin pour la production maraîchère

Source : Enquêtes 2009-2010

Tableau XIX. Portion des producteurs qui utilisent les pesticides

	Houéyiho (N=105)		Sèmè-kpodji (N=48)		Ouidah (N=44)		Total (N=197)	
	Nombre	%	Nombre	%	Nombre	%	Nombre	%
KILSESCT 2,5EC	5	4,8	0	0,0	0	0,0	5	2,5
CONQUES C88EC	13	12,4	9	18,8	0	0,0	22	11,2
LAMBDASUPER								
2,5EC	58	55,2	18	37,5	33	75,0	109	55,3
MANATE	10	9,5	0	0,0	2	4,5	12	6,1
TOPSIN M	68	64,8	20	41,7	22	50,0	110	55,8
COTALM P218EC	4	3,8	0	0,0	0	0,0	4	2,0
DIAFURAN 50G	11	10,5	8	16,7	0	0,0	19	9,6
TIHAN	1	1,0	1	2,1	0	0,0	2	1,0
MANEBE	18	17,1	3	6,2	1	2,3	22	11,2
CYPER-D	4	3,8	6	12,5	0	0,0	10	5,1
DECIS	4	3,8	1	2,1	0	0,0	5	2,5
KINIKINI	3	2,8	1	2,1	0	0,0	4	2,0
LASER 480SC	1	1,0	8	16,7	0	0,0	9	4,6
SUNPYRIFOS 48%	1	1,0	0	0,0	0	0,0	1	0,5
FOKO	4	3,8	4	8,3	10	22,7	18	9,1
K-OPTIMAL	0	0,0	2	4,2	0	0,0	2	1,0
TRIMANGOL 80								
WP	0	0,0	1	2,1	0	0,0	1	0,5
BIOBITE	0	0,0	1	2,1	0	0,0	1	0,5
SHERPHOS 280EC	16	15,2	11	22,9	8	18,2	35	17,8
MALATHION	0	0,0	1	2,1	0	0,0	1	0,5
PACHA	0	0,0	1	2,1	0	0,0	1	0,5
THIONEX 350EC	0	0,0	0	0,0	1	2,3	1	0,5
CYDIM	0	0,0	0	0,0	2	4,5	2	1,0
CYPERCAL	1	1,0	1	2,1	7	15,9	9	4,6

Source : Enquêtes 2009-2010

6.1.3. Indices de risque sur la santé (IRS) de l'IRPeQ

D'après les calculs, certaines matières actives telles que l'endosulfan, le chlorpyrifos-éthyl et le manèbe présentent à la fois des risques aigus et chroniques élevés (Tableau XX). Ces matières actives ne sont pas recommandées en maraîchage. D'autres homologuées en maraîchage présentent un risque aigu élevé, mais un risque chronique faible comme la lambdacyhalothrine, l'acétamipride. Les matières actives telles que le mancozèbe, le méthylthiophanate présentent un risque chronique élevé et un risque aigu faible. Le spinosad et le *Bacillus thuringiensis* présentent de très faibles risques aigus et chroniques. Ces

deux matières actives sont biopesticides. Le manèbe, l'acétamipride, le malathion, le spirotétramate et le diméthoate ont donné le plus faible facteur en lien avec la persistance dans l'environnement et la bioaccumulation chez l'humain. Les indices de risque toxicologique (IRT) et les indices de risque pour la santé (IRS) les plus élevés ont été obtenus pour l'endosulfan, le chlorpyrifos-éthyl et le mancozèbe alors que les plus faibles ont été obtenus pour le spinosad et le *Bacillus thuringiensis* (Tableau XX).

En ce qui concerne les préparations commerciales, ce sont les formulations d'endosulfan (THIONEX 350 EC), de chlorpyrifos-éthyl (SUNPYRIFOS 48%) et du mancozèbe (FOKO) qui ont présenté les risques les plus élevés pour la santé humaine avec des indices respectifs de 2289,8 ; 3537,8 et 3499,2 (Tableau XXI). Le risque est d'autant plus élevé que le FOKO est un fongicide utilisé par 9,1% des producteurs et 22,7% des maraîchers à Ouidah. Les formulations LAMBDA SUPER 2,5 EC, TOPSIN M et SHERPHOS 280 EC présentent des niveaux de risques sanitaires respectifs de 211,6 ; 1377,8 et 1908,55. Quant aux biopesticides LASER 480SC (Spinosad) et BIOBITE (*Bacillus thuringiensis*), ils ont présenté les plus faibles risques d'impact sur la santé humaine avec des IRS respectifs de 16,2 et 1,6.

Tableau XX. Toxicités et indices de risques sanitaires des matières actives recensées

Matières actives	Toxicité		Fper	IRT	FPf	FCP	IRS
	aigue	chronique					
Cyperméthrine	16	25	3	8281	2	0,5	828,1
Acétamipride	24	4	1	784	2	0,5	78,4
Lambdacyhalothrine	40	2	3	2116	2	0,5	211,6
Manèbe	20	53	1	5329	2	1,5	1598,7
Méthylthiophanate	7	38	2	6889	2	1	1377,8
Carbofuran	18	25	2	4624	1	2	924,8
Flubendiamide	11	42	1,5	5476	2	1	1095,2
Deltaméthrine	14	37	3	15625	2	0,5	1562,5
Cyfluthrine	15	26	2,5	6400	2	0,5	640
Spinosad	3	2	3	81	2	1	16,2
Chlorpyrifos-éthyl	22	37	3	17689	2	1	3537,8
Mancozèbe	8	50	2	11664	2	1,5	3499,2
Malathion	8	52	1	3600	2	1	720
Endosulfan	20	29	3	11449	2	1	2289,8
Profenophos	18	18	3	5184	2	1	1036,8
Spirotétramate	20	5	1	625	2	0,5	62,5

Diméthoate	16	11	1	729	2	1	145,8
Bacillus thuringiensis	4	0	2,5	16	1	1	1,6
Triazophos	26	19	2,5	5402,25	2	1	1080,45

Fper : Facteur tenant compte de la persistance et du potentiel de bioaccumulation chez l'humain

FPf : Facteur de pondération lié au type de formulation

FCP : Facteur de compensation tenant compte de la concentration de la matière active dans la formulation ainsi que de la dose recommandée à l'hectare

IRT : Indice de Risque Toxicologique

IRS : Indice de Risque pour la Santé

Source : Enquêtes 2009-2010

Tableau XXI. Indices de risque pour la Santé (IRS) des pesticides recensés

Formulations	MA1	IRS1	MA2	IRS2	IRS
KILSECT 2,5EC	Cyperméthrine	828,1			828,1
CONQUEST C 88EC	Acétamipride	78,4	Cyperméthrine	828,1	906,5
LAMBDASUPER					
2,5EC	Lambdacyhalothrine	211,6			211,6
MANATE	Manèbe	1598,7			1598,7
TOPSIN M	Méthylthiophanate	1377,8			1377,8
COTALM P218EC	Lambdacyhalothrine	211,6	Profenophos	1036,8	1248,4
DIAFURAN 50G	Carbofuran	924,8			924,8
TIHAN	Flubendiamide	1095,2	Spirotétramate	62,5	1157,7
MANEBE	Manèbe	1598,7			1598,7
CYPER-D	Cyperméthrine	828,1			828,1
DECIS	Deltaméthrine	1562,5			1562,5
KINIKINI	Cyfluthrine	640	Malathion	720	1360
LASER 480SC	Spinosad	16,2			16,2
SUNPYRIFOS 48%	Chlorpyrifos-éthyl	3537,8			3537,8
FOKO	Mancozèbe	3499,2			3499,2
K-OPTIMAL	Acétamipride	78,4	Lambdacyhalothrine	211,6	290
TRIMANGOL 80 WP	Manèbe	1598,7			1598,7
BIOBITE	<i>Bacillus thuringiensis</i>	1,6			1,6
MALATHION	Malathion	720			720
PACHA	Acétamipride	78,4	Lambdacyhalothrine	211,6	290
THIONEX 350EC	Endosulfan	2289,8			2289,8
CYDIM	Cyperméthrine	828,1	Diméthoate	145,8	973,9
CYPERCAL	Cyperméthrine	828,1			828,1
SHERPHOS 280EC	Cyperméthrine	828,1	Triazophos	1080,45	1908,55

Source : Enquêtes 2009-2010

6.1.4. Indices de risque pour l'environnement (IRE) de l'IRPeQ

D'après les calculs d'indices, les matières actives présentant le plus de risque pour les invertébrés terrestres ont été l'endosulfan, le chlorpyrifos-éthyl, la cyperméthrine, la deltaméthrine, la cyfluthrine, le profenophos, le carbofuran, malathion et le diméthoate (Tableau XXII). L'utilisation de ces matières actives peut avoir des conséquences sur la fertilité des sols. Le carbofuran, le diméthoate et le chlorpyrifos-éthyl présentent les risques les plus élevés pour les oiseaux. La majorité des matières actives ont présenté un risque de toxicité élevé pour les organismes aquatiques à l'exception de l'acétamipride, du spinosad, du méthylthiophanate, du spirotétramate, du diméthoate et du *Bacillus thuringiensis*. Le carbofuran a révélé un fort potentiel de lessivage. Le spinosad a été la matière active la plus persistante dans le sol suivi de l'endosulfan. Certaines matières actives comme l'endosulfan, le chlorpyrifos-éthyl, la cyperméthrine, la lambdacyhalothrine, la cyfluthrine, la deltaméthrine, le diméthoate et le triazophos ont montré un fort potentiel de bioaccumulation.

D'après le calcul de l'IRE, le nématicide DIAFURAN (carbofuran) a présenté le risque le plus élevé pour l'environnement avec un IRE de 576 (Tableau XXIII). Dans le groupe à fort IRE, il y avait aussi la formulation CYDIM composée d'un mélange de cyperméthrine et de diméthoate (IRE = 488,31), le SUNPYRIPHOS, une formulation de chlorpyrifos-éthyl (IRE = 410,06), le SHERPHOS 280EC composé de cyperméthrine et de triazophos (IRE = 402,81) le KINIKINI, un mélange de cyfluthrine et de malathion (IRE = 399,31) et la formulation à base d'endosulfan, THIONEX 350EC (IRE = 380). D'une manière générale les formulations fongicides ont révélé un faible IRE (< 160). Les formulations TRIMANGOL 80WP et MANEBE et MANATE (manèbe) ont présenté le plus faible risque pour l'environnement avec un IRE de 16. Le biopesticide BIOBITE (*Bacillus thuringiensis*) présente un très faible risque pour l'environnement (IRE = 1). Le DIAFURAN est un nématicide utilisé au Bénin et est retrouvé chez 9,6% des maraîchers. Ceci constitue un danger potentiel pour la biodiversité.

Tableau XXII. Toxicités et indices de risques environnementaux des matières actives recensées

Matières actives	T	O	A	M	P	B	IRE
Cyperméthrine	4	0	4	0	1,5	2	240,25
Acétamipride	2	2	0	0	0	0	12,25
Lambdacyhalothrine	0	0	3	0	0	2	36
Manèbe	0	0	3	0	0	0	16
Méthylthiophanate	2	0	1	0	0	0	30,25
Carbofuran	4	4	4	4	1	0	576
Flubendiamide	0	0	3	0	0	1	25
Deltaméthrine	4	0	3	0	0	2	169
Cyfluthrine	4	0	4	0	0,5	2	210,25
Spinosad	2	0	0	0	3	1	72,25
Chlorpyrifos-éthyl	4	3	4	0	1	2	410,06
Mancozèbe	0	0	4	0	0,5	0	30,25
Malathion	4	1	4	0	0	0	189,06
Endosulfan	4	2	4	0	2	2	380,25
Profenophos	4	2	3	0	0	0	210,25
Spirotétramate	0	0	0	0	0	0	1
Diméthoate	4	3	1	1,5	0	2	248,06
<i>Bacillus</i>							
<i>thuringiensis</i>	0	0	0	0	0	0	1
Triazophos	0	3	4	1,5	1	2	162,56

T : Impact sur les invertébrés terrestres

O : Impact sur les oiseaux

A : Impact sur les organismes aquatiques; Impact on the watering organisms

M : Mobilité de la matière active; Mobility of the active ingredient

P : Persistance dans le sol; Persistence in the soil

B : Bioaccumulation; Bio-accumulation

IRE : Indice de Risque pour l'Environnement ; Environmental Risk Index

Source : Enquêtes 2009-2010

Tableau XXIII. Indices de risque pour l'environnement des pesticides recensés

Formulations	MA1	IRE1	MA2	IRE2	IRE
KILSESCT 2,5EC	Cyperméthrine	240,25			240,25
CONQUEST C					
88EC	Acétamipride	12,25	Cyperméthrine	240,25	252,5
LAMBDA SUPER					
2,5EC	Lambdacyhalothrine	36			36
MANATE	Manèbe	16			16
TOPSIN M	Méthylthiophanate	30,25			30,25
COTALM P218EC	Lambdacyhalothrine	36	Profenophos	210,25	246,25
DIAFURAN 50G	Carbofuran	576			576
TIHAN	Flubendiamide	25	Spirotétramate	1	26
MANEBE	Manèbe	16			16
CYPER-D	Cyperméthrine	240,25			240,25
DECIS	Deltaméthrine	169			169
KINIKINI	Cyfluthrine	210,25	Malathion	189,06	399,31
LASER 480SC	Spinosad	72,25			72,25
SUNPYRIFOS 48%	Chlorpyrifos-éthyl	410,06			410,06
FOKO	Mancozèbe	30,25			30,25
K-OPTIMAL	Acétamipride	12,25	Lambdacyhalothrine	36	48,25
TRIMANGOL 80					
WP	Manèbe	16			16
	Bacillus				
BIOBITE	thuringiensis	1			1
MALATHION	Malathion	189,06			189,06
PACHA	Acétamipride	12,25	Lambdacyhalothrine	36	48,25
THIONEX 350EC	Endosulfan	380,25			380,25
CYDIM	Cyperméthrine	240,25	Diméthoate	248,06	488,31
CYPERCAL	Cyperméthrine	240,25			240,25
SHERPHOS 280EC	Cyperméthrine	240,25	Triazophos	162,56	402,81

Source : Enquêtes 2009-2010

6.1.5. Risques sanitaires des traitements pesticides des exploitations maraîchères

Une différence significative a été observée dans les niveaux de risques sanitaires des traitements pesticides des maraîchers (IRPest-S) en 2009 selon les sites de production ($P < 0,001$). Ces indices de risque sanitaires des pesticides en 2009 sont plus élevés à Sèmè-kpodji et à Ouidah avec des valeurs moyennes respectives de 5752,22 et 5172,18 (Tableau XXIV). Ils sont moins élevés chez les producteurs de Houéyiho (1469,88). Cette différence s'explique par le fait que les superficies exploitées par les maraîchers à Houéyiho sont faibles comparées aux autres sites. L'indice de risque sanitaire moyen est de 3340,20. L'indice de risque sanitaire maximum a été enregistré à Sèmè-kpodji (24429,44) alors que le minimum a été enregistré à Houéyiho (12,42). Aucune différence significative n'a été observée au niveau du risque sanitaire des pesticides ramenés à l'hectare de production maraîchère en 2009 entre sites, $p = 0,2919$ (Figure 17). Ceci confirme que les superficies exploitées expliquent la différence significative observée dans les niveaux de risque sanitaire. Mais le risque sanitaire des pesticides à l'hectare est un peu plus élevé à Ouidah (35437,56) comparé à Houéyiho (27283,90) et à Sèmè-kpodji (27398,67). Le risque sanitaire moyen à l'hectare est de 29133,00 (Tableau XXV). Les producteurs à Ouidah utilisent des pesticides présentant des risques plus élevés pour la santé humaine ou la pression en pesticide est plus élevée dans cette zone de production. Quant au risque sanitaire par unité de masse de matières actives, la moyenne est de 3480,31 (Tableau XXVI). Il est plus élevé à Ouidah (4234,62) comparé à Houéyiho (3635,34) et Sèmè-kpodji (2449,74), mais cette différence n'est pas statistiquement significative, $p = 0,4876$ (Figure 18). Ces résultats montrent que les pesticides plus toxiques pour la santé humaine sont utilisés en maraîchage à Ouidah.

Tableau XXIV. Indices de risque des pesticides pour la santé par exploitation (IRPest-S)

Sites	IRPest-S			
	Moyenne	Maximum	Minimum	Ecart-type
Houéyiho	1469,88	9646,34	12,42	1654,44
Ouidah	5172,18	20868,12	65,68	5695,77
Sème-kpodji	5752,22	24429,44	13,99	5890,40
Total	3340,20	24429,44	12,42	4576,25

Source : Enquêtes 2009-2010

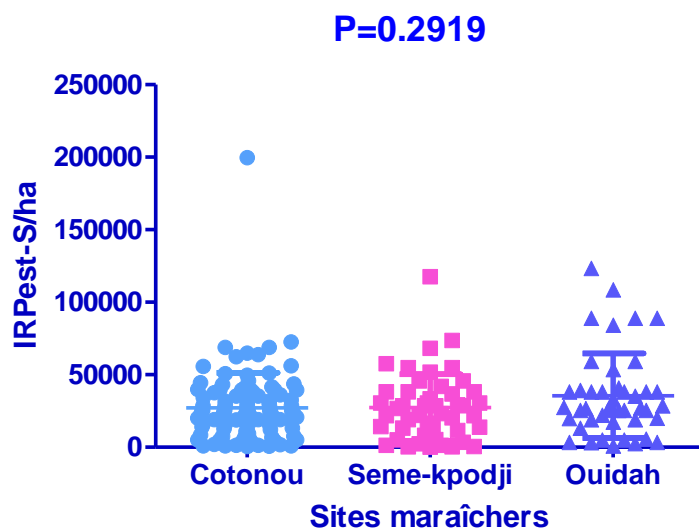


Figure 17. Distribution des indices de risque sanitaire à l’hectare (IRPest-S/ha)

Source : Enquêtes 2009-2010

Tableau XXV. Indices de risque des pesticides pour la santé à l’hectare (IRPest-S/ha)

Sites	IRPest-S/ha			
	Moyenne	Maximum	Minimum	Ecart-type
Houéyiho	27283,90	199744,00	470,26	24094,57
Ouidah	35437,56	123486,60	923,35	29167,87
Seme-				
kpodji	27398,67	117594,00	194,30	22901,41
Total	29133,00	199744,00	194,30	25138,64

Source : Enquêtes 2009-2010

Tableau XXVI. Indices de risque des pesticides pour la santé par unité de masse de matières actives (IRPest-S/Kg m.a)

Sites	IRPest-S/kg m.a			
	Moyenne	Maximum	Minimum	Ecart-type
Houéyiho	3635,34	47785,64	69,05	5673,43
Ouidah	4234,62	67886,25	137,14	9949,93
Seme-				
kpodji	2449,74	11466,02	16,47	1929,82
Total	3480,31	67886,25	16,47	6331,88

Source : Enquêtes 2009-2010

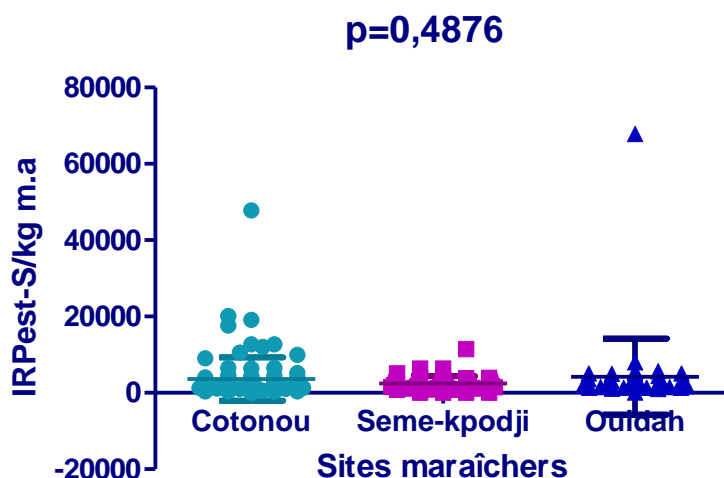


Figure 18. Distribution des indices de risque sanitaire par masse de matières actives (IRPest-S/Kg m.a)

Source : Enquêtes 2009-2010

6.1.6. Risques environnementaux des traitements pesticides des exploitations maraîchères

Les indices de risques environnementaux des pesticides en 2009 sont plus élevés à Sèmè-kpodji et à Ouidah avec des valeurs moyennes respectives de 688,44 et 569,03 (Tableau XXVII). Une différence significative a été observée dans les risques environnementaux des traitements pesticides des maraîchers (IRPest-E) en 2009 selon les sites de production ($P<0,001$). L'indice de risque environnemental moyen est de 369,78. L'indice de risque environnemental maximum a été enregistré à Ouidah (6054,30) alors que le minimum a été enregistré à Houéyiho (1,94). Une différence significative a été observée au niveau du risque environnemental des pesticides ramenés à l'hectare de production maraîchère en 2009 selon les sites au seuil de 10 % (Figure 19). Ce risque environnemental des pesticides à l'hectare est plus élevé à Sèmè-kpodji (4147,79) comparé à Houéyiho (2588,05) et à Ouidah (1928,50). Ceci confirme que les risques environnementaux des pesticides sont plus élevés à Sèmè-kpodji. Le risque environnemental moyen à l'hectare est de 2820,78 (Tableau XXVIII). En ce qui concerne le risque environnemental par unité de masse de matières actives, la moyenne est de 436,89 (Tableau XXIX). Il est plus élevé à Houéyiho (497,52) et à Sèmè-kpodji (424,95) comparé à Ouidah (305,22), mais cette différence n'est pas statistiquement significative, $p=$

0,1811 (Figure 20). Les producteurs à Houéyiho et Sèmè-kpodji ont utilisé des pesticides présentant des risques plus élevés pour l'environnement.

Tableau XXVII. Indices de risque des pesticides pour l'environnement par exploitation (IRPest-E)

Sites	IRPest-E			
	Moyenne	Maximum	Minimum	Ecart-type
Houéyiho	140,62	1559,02	1,94	206,00
Ouidah	569,03	6054,30	10,18	1258,29
Sème-				
kpodji	688,44	5155,97	30,18	964,58
Total	369,78	6054,30	1,94	809,26

Source : Enquêtes 2009-2010

Tableau XXVIII. Indices de risque des pesticides pour l'environnement à l'hectare (IRPest-E/ha)

Sites	IRPest-E/ha			
	Moyenne	Maximum	Minimum	Ecart-type
Houéyiho	2588,05	39400,00	73,33	4096,82
Ouidah	1928,50	8642,67	157,09	1953,10
Sème-				
kpodji	4147,79	39127,22	187,50	6882,30
Total	2820,78	39400,00	73,33	4662,60

Source : Enquêtes 2009-2010

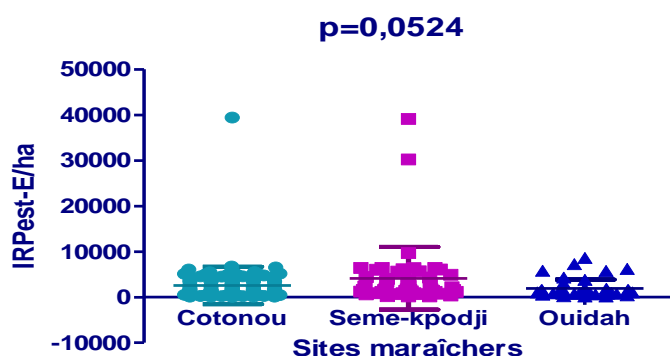


Figure 19. Distribution des indices de risque environnemental à l'hectare (IRPest-E/ha)

Source : Enquêtes 2009-2010

Tableau XXIX. Indices de risque des pesticides pour l'environnement par unité de masse de matières actives (IRPest-E/Kg m.a)

Sites	IRPest-E/kg m.a			
	Moyenne	Maximum	Minimum	Ecart-type
Houéyiho	497,52	9425,84	14,18	1193,23
Ouidah	305,22	1950,00	7,55	451,29
Seme-				
kpodji	424,95	3326,56	17,69	627,06
Total	436,89	9425,84	7,55	948,87

Source : Enquêtes 2009-2010

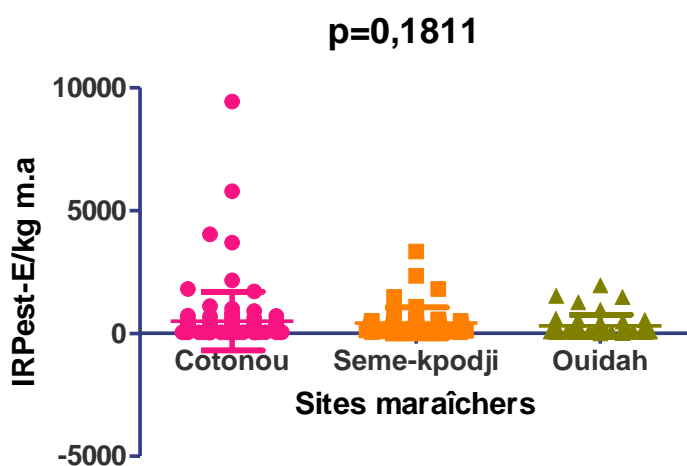


Figure 20. Distribution des indices de risque environnemental par masse de matières actives (IRPest-E/Kg m.a)

Source : Enquêtes 2009-2010

6.1.7. Indices de pression pesticides (IP) des exploitations maraîchères

La pression annuelle moyenne en pesticides par exploitation en 2009 était de 12,75 kg de matières actives à l'hectare (Tableau XXX). La pression en pesticides maximale était de 27,89 Kg m.a/ha alors que le minimum était de 0,28 Kg m.a/ha. Aucune différence significative n'a été observée entre sites, $p=0,3835$ (Figure 21). Les indices de pression en pesticides sont respectivement de 12,59 Kg; 12,53 Kg et 13,38 Kg de matières actives à l'hectare emblavé en produits maraîchers à Houéyiho, Sèmè-kpodji et Ouidah.

Tableau XXX. Indices de pression pesticides (Kg m.a/ha)

Sites	Indice de Pression (kg m.a/ha)			
	Moyenne	Maximum	Minimum	Ecart-type
Houéyiho	12,59	27,89	0,28	7,69
Ouidah	13,38	24,20	0,42	7,14
Seme-kpodji	12,53	22,70	0,60	6,09
Total	12,75	27,89	0,28	7,18

Source : Enquêtes 2009-2010

Indice de Pression en pesticides (kg m.a/ha)
p=0,3835

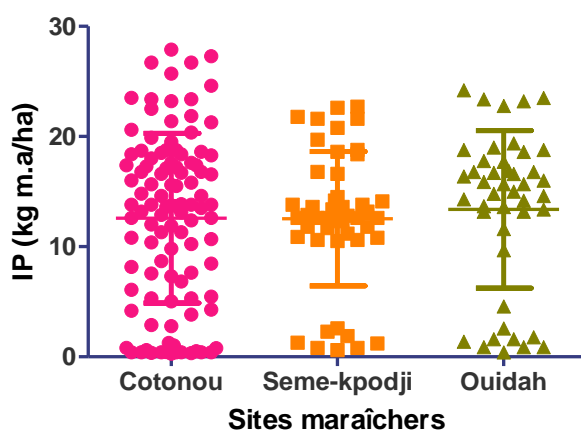


Figure 21. Distribution des indices de pression en pesticides (Kg m.a/ha) par sites

Source : Enquêtes 2009-2010

6.1.8. Indices de fréquence de traitement insecticide (IFT-Insecticide) des exploitations maraîchères

L'indice de fréquence de traitement insecticide moyen était de 14,95 en 2009 (Tableau XXXI). Aucune différence significative n'a été observée entre sites au seuil de 10%, mais l'IFT-insecticide était un peu moins faible à Houéyiho. Le maximum a été obtenu à Ouidah (26,00) alors que le minimum a été obtenu à Houéyiho (1,16).

Tableau XXXI. Indices de fréquence de traitement insecticide (IFT-Insecticide)

Sites	IFT-Insecticide			
	Moyenne	Maximum	Minimum	Ecart-type
Houéyiho	12,71	25,20	1,16	3,57
Ouidah	18,34	26,00	10,60	4,57
Seme-				
kpodji	16,74	25,00	6,30	3,26
Total	14,95	26,00	1,16	4,47

Source : Enquêtes 2009-2010

6.1.9. Indices de fréquence de traitement fongicides (IFT-fongicide) des exploitations maraîchères

L'indice de fréquence de traitement fongicide moyen était de 13,25 (Tableau XXXII). Aucune différence significative n'a été observée entre sites au seuil de 10%, mais l'IFT-fongicide était un peu moins faible à Houéyiho. Le maximum a été obtenu à Ouidah (22,00) alors que le minimum a été obtenu à Houéyiho (0,93).

Tableau XXXII. Indices de fréquence de traitement fongicide (IFT-Fongicide)

Sites	IFT-Fongicide			
	Moyenne	Maximum	Minimum	Ecart-type
Houéyiho	11,54	16,80	0,93	3,12
Ouidah	16,31	22,00	10,60	3,96
Seme-				
kpodji	14,57	18,00	5,60	2,41
Total	13,25	22,00	0,93	3,80

Source : Enquêtes 2009-2010

6.1.10. Indices de fréquence de traitement nématicides (IFT-nématicide) des exploitations maraîchères

L'indice de fréquence de traitement nématicide moyen était de 1,73 (Tableau XXXIII). L'IFT-nématicide était un peu moins faible à Sèmè-kpodji comparé à Houéyiho. Le maximum a été obtenu à Houéyiho (4,60) alors que le minimum a été obtenu au niveau des sites de Houéyiho et Sèmè-kpodji (0,74). Aucun producteur enquêté à Ouidah n'a utilisé de nématicide au cours de l'année 2009. Les maraîchers à Houéyiho utilisent plus fréquemment de nématicides comparé à ceux de leurs homologues de Sèmè-kpodji.

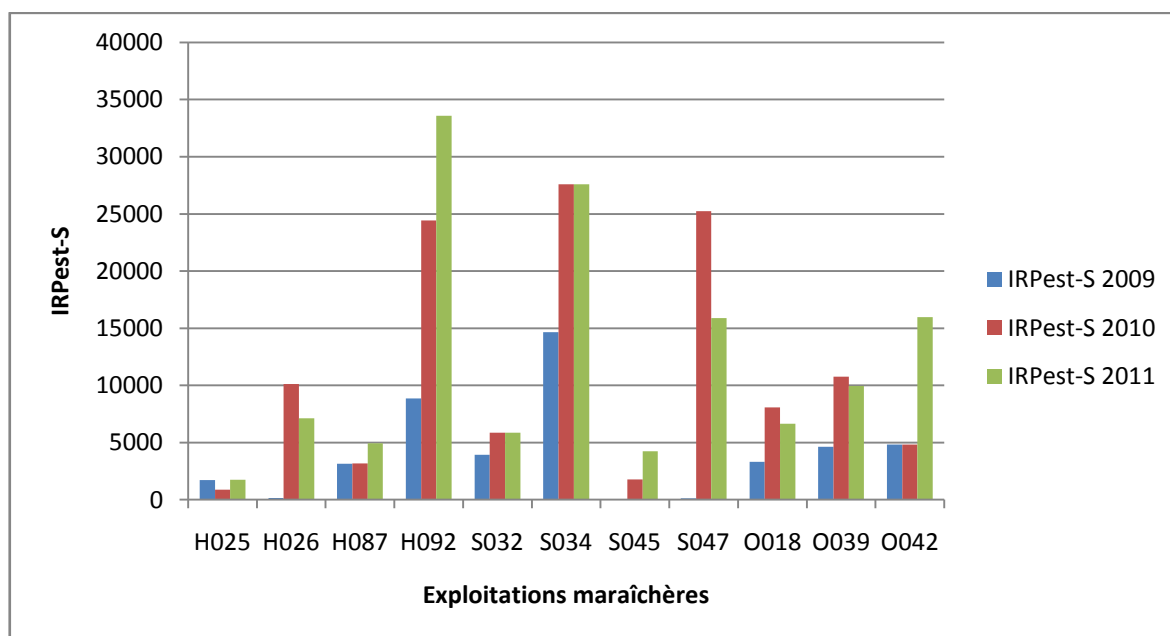
Tableau XXXIII. Indices de fréquence de traitement nématocide (IFT-Nématocide)

Sites	IFT-Nématocide			
	Moyenne	Maximum	Minimum	Ecart-type
Houéyiho	1,98	4,60	0,74	1,26
Ouidah				
Seme-kpodji	1,39	2,00	0,74	0,44
Total	1,73	4,60	0,74	1,02

Source : Enquêtes 2009-2010

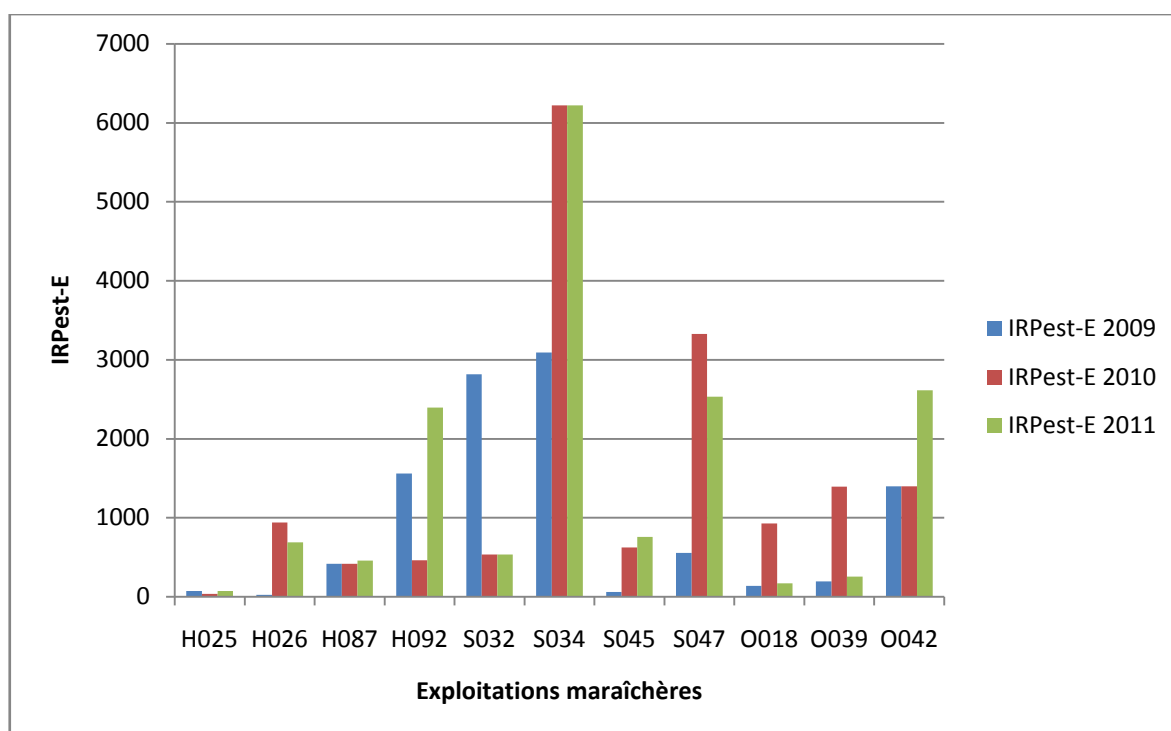
6.1.11. Evolution des risques sanitaires et environnementaux liés à l'utilisation des pesticides des exploitations maraîchères

Pour la plupart des producteurs suivis, les risques sanitaires liés à l'utilisation des pesticides augmentent en fonction du temps (Figure 22). Les producteurs H026 et S047 ont utilisé des pesticides très peu toxiques en 2009. En ce qui concerne les risques environnementaux, l'évolution est croissante chez certains maraîchers et décroissante chez d'autres (Figure 23). Chez le producteur H025, les risques environnementaux sont très faibles.



Source : Enquêtes 2009-2012

Figure 22. Evolution des risques sanitaires liés à l'utilisation des pesticides des exploitations maraîchères



Source : Enquêtes 2009-2012

Figure 23. Evolution des risques environnementaux liés à l'utilisation des pesticides des exploitations maraîchères

6.1.12. Mesures d'hygiène lors de l'épandage des pesticides

Tous les producteurs enquêtés utilisaient un pulvérisateur à dos lors des traitements phytosanitaires. La grande majorité d'entre eux sont pieds nus lors de l'épandage des pesticides. Seuls 19,3 % portaient des chaussures fermées. Moins de 1/10 des maraîchers (6,1%) disposaient d'équipements de protection individuelle adaptés, mais les utilisaient rarement lors de la préparation et de l'application des pesticides (Tableau XXXIV). Près de la moitié (45,2%) disposaient de masques de protection, 22,3% disposaient de gants. La possession des masques prédominait chez les maraîchers de Houéyiho et de Sèmè-kpodji. Malgré la possession de certains équipements de protection par les producteurs, ces derniers les utilisaient rarement. La grande majorité (80,7%) ne portait généralement qu'un pantalon et 76,1% portaient de chemises à manches longues. Seuls 16,8% ont affirmé qu'ils procèdent à une protection complète des parties du corps lors de l'épandage des pesticides. Ce défaut d'hygiène au travail les expose à des risques d'intoxication aux pesticides.

Tableau XXXIV. Possession et port d'Equipements de Protection Individuelle (EPI)

	Houéyiho (N=105)		Sèmè-kpodji (N=48)		Ouidah (N=44)		Total (N=197)	
	Nombre	%	Nombre	%	Nombre	%	Nombre	%
Possession								
d'EPI								
EPI approprié	7	6,7	3	6,2	2	4,5	12	6,1
Masque	53	50,5	28	58,3	8	18,2	89	45,2
Gants	22	20,9	16	33,3	6	13,6	44	22,3
Port de								
Pantalons	82	78,1	42	87,5	35	79,5	159	80,7
Port de								
Chemises								
longues	78	74,3	37	77,1	35	79,5	150	76,1
Port de								
chaussures								
fermées	22	20,9	10	20,8	6	13,6	38	19,3
Protection								
complète des								
parties du								
corps	18	17,1	10	20,8	5	11,4	33	16,8

Source : Enquêtes 2009-2010

6.1.13. Mesures de prophylaxie après l'utilisation des pesticides

Après les opérations de traitement, les maraîchers interrogés utilisaient plusieurs moyens prophylactiques pour éviter d'éventuels effets secondaires causés par les pesticides qu'ils manipulaient. La grande majorité (70,1%) des maraîchers procédait au lavage des mains après l'utilisation des pesticides (Tableau XXXV). Pour les autres, 19,8% prenaient systématiquement un bain à l'eau et au savon ; 17,8% prenaient du lait après avoir pris un bain ; 2,5% passaient de l'huile rouge sur le corps après avoir pris un bain, 2,5% buvaient beaucoup d'eau.

Tableau XXXV. Mesures prophylactiques après l'utilisation des pesticides par les producteurs

Moyens prophylaxiques	Sèmè-kpodji							
	Houéyiho (N=105)		(N=48)		Ouidah (N=44)		Total (N=197)	
	Nbre	%	Nbre	%	Nbre	%	Nbre	%
Lavage des mains	75	71,4	31	64,6	32	72,7	138	70,1
Lavage de mains et pieds	7	6,7	4	8,3	0	0,0	11	5,6
Lavage des mains et prise de lait	5	4,8	0	0,0	0	0,0	5	2,5
Prendre un bain à l'eau et au savon	24	22,8	1	2,1	14	31,8	39	19,8
Prendre un bain et passer de l'huile rouge sur le corps	3	2,8	1	2,1	1	2,3	5	2,5
Prise de bain+lait peak	19	18,1	9	18,8	7	15,9	35	17,8
Prendre un bain et boire beaucoup d'eau	0	0,0	5	10,4	0	0,0	5	2,5
Prise de médicament	0	0,0	1	2,1	0	0,0	1	0,5
Lavage des habits à l'eau et au savon après épandage	5	4,8	1	2,1	1	2,3	7	3,6

Source : Enquêtes 2009-2010

6.1.14. Effets directs de l'utilisation des pesticides sur la santé des producteurs

Tous les maraîchers ont reconnu le danger que peuvent poser les pesticides sur la santé humaine : 27,9% rapportaient qu'ils ont une irritation de la peau après application des pesticides ; 22,8% affirmaient qu'ils ont eu souvent des céphalées ; 23,8% une irritation des yeux ; 9,1% une irritation du nez ; 60,9% la fatigue ; 26,9% des douleurs articulaires ; 6,6% la toux et 8,6% de vertige (Tableau XXXVI).

Tableau XXXVI. Effets de l'utilisation des pesticides sur les producteurs

	Houéyiho (N=105)		Seme-kpodji (N=48)		Ouidah (N=44)		Total (N=197)	
	Nbre	%	Nbre	%	Nbre	%	Nbre	%
Irritation des yeux	26	24,8	10	20,8	11	25,0	47	23,8
Maux de tête	21	20,0	11	22,9	13	29,5	45	22,8
Fatigue	70	66,7	31	64,6	19	43,2	120	60,9
Irritation de la peau	21	20,0	8	16,7	26	59,1	55	27,9
Douleur articulaire	32	30,5	10	20,8	11	25,0	53	26,9
Irritation du nez	11	10,5	0	0,0	7	15,9	18	9,1
Toux	3	2,8	3	6,2	7	15,9	13	6,6
Difficulté respiratoire	5	4,8	1	2,1	3	6,8	9	4,6
Vertige	10	9,5	2	4,2	5	11,4	17	8,6
Insomnie	0	0,0	0	0,0	1	2,3	1	0,5
Manque d'appétit	1	1,0	0	0,0	0	0,0	1	0,5
Diarrhée	1	1,0	0	0,0	0	0,0	1	0,5
Vomissement	3	2,8	1	2,1	1	2,3	5	2,5

Source : Enquêtes 2009-2010

6.1.15. Stockage des pesticides, devenir des emballages et perception des producteurs sur les pesticides

Plus de la moitié des maraîchers gardaient leurs pesticides au champ où ils les cachaient sous les buissons (Tableau XXXVII). La minorité des maraîchers (6,1%) les enterraient dans les champs. Par contre 23,8% les stockaient dans leur chambre et seuls 13,7% les stockaient dans un magasin. Mais à Sèmè-kpodji, le stockage des pesticides en chambre prédominait.

En ce qui concerne la gestion des emballages vides de pesticides, plus du tiers des maraîchers (37,6%) les abandonnaient dans les champs ; 14,2% les enterraient ; 20,3% les stockaient en chambre ; 2,0% les stockaient au magasin ; 8,1% les brûlaient et 10,6% les réutilisaient pour se procurer à nouveau des insecticides chez les vendeurs détaillants (Tableau XXXVII).

Presque la totalité des maraîchers (99,0%) reconnaissent le danger que présentaient les pesticides chimiques utilisés. Mais la grande majorité (83,8%) affirmait que les pesticides chimiques sont d'une importance capitale pour la production maraîchère.

Tableau XXXVII. Perception des producteurs et lieux de stockage des pesticides

	Houéyiho (N=105)		Seme-kpodji (N=48)		Ouidah (N=44)		Total (N=197)	
	Nbre	%	Nbre	%	Nbre	%	Nbre	%
Lieu de stockage des produits								
Chambre	15	14,3	25	52,1	7	15,9	47	23,8
Enterrement	9	8,6	1	2,1	2	4,5	12	6,1
Magasin	8	7,6	10	20,8	9	20,4	27	13,7
Sous les buissons	72	68,6	12	25,0	26	54,2	110	55,8
Gestion des emballages de pesticides								
Abandon dans les								
champs	41	39,0	13	27,1	20	45,4	74	37,6
Brûler	9	8,6	2	4,2	5	11,4	16	8,1
Chambre	16	15,2	15	31,2	9	20,4	40	20,3
Enterrement	9	8,6	10	20,8	9	20,4	28	14,2
Magasin	4	3,8	0	0,0	0	0,0	4	2,0
Réutilisation	14	13,3	7	14,6	0	0,0	21	10,6
Vente	10	9,5	1	2,1	1	2,3	12	6,1
Perception des producteurs								
Importance des								
pesticides chimiques	97	92,4	35	72,9	33	75,0	165	83,8
Dangerosité des								
pesticides chimiques	104	99,0	47	97,9	44	100,0	195	99,0

Source : Enquêtes 2009-2010

6.1.16. Effets constatés des pesticides sur la biodiversité

La grande majorité des maraîchers ont constaté l'effet toxique des pesticides sur l'environnement, par exemple des insectes morts (44,6%). ou des margouillats (4,1%) ou des rongeurs (2,0%). Aucun effet toxique sur les oiseaux n'a été rapporté (Tableau XXXVIII).

Tableau XXXVIII. Effets des pesticides chimiques constatés par les producteurs sur la biodiversité

	Seme-kpodji							
	Houéyiho (N=105)		(N=48)		Ouidah (N=44)		Total (N=197)	
	Nbre	%	Nbre	%	Nbre	%	Nbre	%
Mort de rongeurs	2	1,9	0	0,0	2	4,5	4	2,0
Mort de criquets	22	20,9	17	35,4	2	4,5	41	20,8
Mort de margouillats	3	2,8	1	2,1	4	9,1	8	4,1
Mort de mouches	26	24,8	17	35,4	4	9,1	47	23,8

Source : Enquêtes 2009-2010

6.2. Déterminants des pratiques phytosanitaires

6.2.1. Description des variables des modèles d'analyse des déterminants des pratiques phytosanitaires des maraîchers

La majorité des maraîchers enquêtés sont de sexe masculin (86,3%). Cette même proportion des maraîchers avait le maraîchage comme activité principale et environ 48% reconnaissaient bien les différents ravageurs attaquant les différentes spéculations qu'ils produisaient (Tableau XXXIX). Leur expérience moyenne dans la production était de 14,36 ans. Environ 15% d'entre eux ont eu recours aux emprunts pour la production. Plus du 1/3 utilisait un système d'arrosage motorisé, 43% faisaient régulièrement des rotations culturales et 12% produisaient uniquement des légumes locaux. L'âge moyen des maraîchers était de 36,7. Le revenu annuel d'exploitation moyen était de 917646 Fcfa. En ce qui concerne la lutte contre les ravageurs de culture, 25% des producteurs utilisaient systématiquement des pesticides chimiques suivant un calendrier et n'attendent pas les attaques des ravageurs. Le reste utilisait parfois des biopesticides et adoptaient la lutte intégrée contre les nuisibles. Pour la préparation et l'aspersion de la bouillie pesticide, seuls 16,8% ont affirmé qu'ils procèdent à une protection complète des parties du corps avec port de pantalon, chemise à manches longues, gants, masque et chaussures fermées.

Tableau XXXIX. Variables des modèles d'analyse des déterminants de l'utilisation des pesticides chimiques et de l'utilisation des équipements de protection individuelle

Variables	Description des variables	Moyenne	Ecart-type	Signes attendus
SEXE	Variable muette=1 si masculin, 0=féminin	0,86	0,34	+
ACTIVP	Variable muette=1 si activité principale, 0=Sinon	0,86	0,34	+
EXPE	Expérience professionnelle (années)	14,36	10,29	+
CREDIT	Variable muette=1 si emprunt, 0=Sinon	0,15	0,36	+
ARROSA	Variable muette=1 si utilisation de motopompes, 0=Sinon	0,38	0,49	-
RECRAV	Variable muette=1 si reconnaissance des ravageurs, 0=Sinon	0,48	0,5	-
TYPELEG1	Variable muette=1 si production de légumes locaux uniquement, 0=Sinon	0,12	0,33	-
TYPELEG2	Variable muette=1 si production de légumes exotiques uniquement, 0=Sinon	0,15	0,34	+
SUP	Superficie emblavée (m ²)	1341,56	2001,87	+
SIT 1	Variable muette=1 si Sèmè-kpodji, 0=Sinon	0,24	0,43	+
SIT 2	Variable muette=1 si Ouidah, 0=Sinon	0,22	0,42	+
AGE	Age de l'exploitant (années)	36,7	12,55	+
RBE	Revenu d'exploitation (Fcfa)	917646	862567	+
ROT	Variable muette=1 si rotation, 0=Sinon	0,43	0,5	-
NIVINSTR	Nombre d'années d'études (années)	5,75	10,24	+
UTPESTCH	Variable dépendante=1 si utilisation systématique de pesticides chimique et 0=Sinon	0,25	0,44	
UTILEQUIP	Variable dépendante=1 si protection complète des parties du corps et 0=Sinon	0,17	0,37	

Source : Enquêtes 2009-2010

6.2.2. Facteurs influençant l'utilisation des pesticides chimiques

Le modèle est globalement significatif au seuil de 5% (Tableau XL). Des variables explicatives initiales, deux s'avèrent significatives à un seuil de 5 %, à savoir : l'expérience professionnelle et la localisation des sites de production. Deux autres sont significatives à 1%. Il s'agit de l'âge du producteur et la rotation culturale. Les autres variables ne sont pas statistiquement significatives. De plus, ces différentes variables sont très faiblement corrélées entre elles. Il s'agit donc de dimensions distinctes non liées. Donc on a de bonnes raisons de croire que l'influence d'une des dimensions sur la probabilité qu'un producteur utilise

systématiquement les pesticides chimiques, ne dépend aucunement de l'influence des autres. Le modèle final conserve un pouvoir prédictif de l'ordre de 77,7 %. D'après ce modèle l'utilisation systématique des pesticides chimiques est prédite à 24,0% avec succès contre 95,9 % pour la non utilisation systématique. L'utilisation systématique des pesticides chimiques suivant un calendrier préétabli diminue significativement avec l'expérience professionnelle ajustée sur les autres variables explicatives. Mais elle augmente significativement avec l'âge du producteur. L'utilisation systématique des pesticides est moindre à Sèmè-kpodji comparé à Houéyiho. Elle diminue significativement avec l'adoption de la rotation des cultures.

Tableau XL. Résultats du modèle d'analyse des déterminants de l'utilisation systématique des pesticides chimiques

Variables	Coefficients	Odd-Ratios	Wald	Prob
SEXE	-0,488	0,614	0,892	0,345
ACTIVP	0,48	1,616	0,716	0,398
EXPE	-0,063	0,939**	5,295	0,021
CREDIT	-0,154	0,857	0,08	0,778
ARROSA	0,492	1,636	0,995	0,319
RECRAV	-0,003	0,997	0	0,994
TYPELEG 1	-0,066	0,936	0,003	0,956
TYPELEG 2	-0,563	0,57	0,863	0,353
SUP	0,001	1,002	0,257	0,612
SIT 1	-1,529	0,217**	5,471	0,019
SIT 2	-0,779	0,459	1,973	0,16
AGE	0,057	1,058***	8,537	0,003
RBE	0,001	1,003	1,115	0,754
ROT	-1,285	0,277***	8,911	0,003
Constante	-1,418	0,242	1,926	0,165
-2LogL				194,778
LR chi2				28,415
Prob>chi2				0,013
Pseudo R2				0,198
Pourcentage de bonne prédiction				77,7

*, **, *** indiquent respectivement significatif au seuil de 10%, 5% et 1%

Source : Enquêtes 2009-2010

6.2.3. Facteurs influençant le port des équipements de protection individuelle

Le modèle est globalement significatif au seuil de 10% (Tableau XLI). Des variables explicatives initiales, deux s'avèrent significatives au seuil de 10 %, à savoir : l'expérience professionnelle et la localisation des sites de production. Le modèle final conserve un pouvoir prédictif de l'ordre de 83,2 %. D'après ce modèle la protection complète des parties du corps est prédite à 22,5% avec succès contre 97,4 % pour la non protection complète. La protection complète des parties du corps lors de la préparation et l'épandage des pesticides augmente significativement avec l'expérience professionnelle ajustée sur les autres variables explicatives. Cette pratique est moins fréquente à Ouidah comparée à Houéyiho. Ceci pourrait être lié aux à l'ignorance des producteurs et au manque d'encadrement.

Tableau XLI. Résultats du modèle d'analyse des déterminants de l'utilisation des équipements de protection individuelle

Variables	Coefficients	Odd-Ratios	Wald	Prob
SEXE	0,762	2,142	0,856	0,355
ACTIVP	0,155	1,167	0,063	0,802
EXPE	0,046	0,955*	2,431	0,089
CREDIT	-1,076	0,341	1,975	0,16
TYPELEG 1	1,57	4,807	2,455	0,117
TYPELEG 2	0,121	1,128	0,027	0,869
SUP	0,001	1,002	1,311	0,252
SIT 1	-0,24	0,786	0,181	0,67
SIT 2	-1,237	0,290*	3,16	0,075
AGE	0,024	1,025	1,09	0,297
NIVINSTR	0,367	1,444	0,691	0,406
RBE	0,001	1,003	0,467	0,494
Constante	-2,997	0,050**	5,246	0,022
-2LogL				161,295
LR chi2				16,761
Prob>chi2				0,059
Pseudo R2				0,137
Pourcentage de bonne prédiction				83,2

*, **, *** indiquent respectivement significatif au seuil de 10%, 5% et 1%

Source : Enquêtes 2009-2010

6.3. Discussion

6.3.1. Pratiques phytosanitaires des maraîchers

Pour lutter contre les ravageurs et maladies des cultures maraîchères, les producteurs utilisent des pesticides chimiques principalement les insecticides et des fongicides et parfois des nématicides. Les insecticides destinés aux cultures cotonnières ou au niébé se retrouvent dans la production maraîchère au sud du Bénin. Ces constats sont similaires à ceux de Akogbéto *et al.* (2005) en maraîchage périurbain et de Ahouangninou *et al.* (2011) en milieu rural à Tori-Bossito. Plusieurs préparations commerciales ont été recensées chez les producteurs. Il s'agit le plus souvent des formulations de concentrés émulsifiables (EC) et des poudres mouillables (WP). Le nématicide DIAFURAN 50G est le seul granulé recensé et confirme les résultats des travaux faits en milieu rural (Ahouangninou *et al.*, 2011). Ces pesticides recensés appartiennent en majorité aux familles des organophosphorés, des pyréthrinoïdes, des carbamates et des benzimidazoles. Concernant les préparations commerciales, c'est le fongicide TOPSIN M (Méthylthiophanate 700 g/Kg) et l'insecticide LAMBDA SUPER 2,5EC (Lambdacyhalotrine 25 g/L) qui sont les plus utilisés par les maraîchers enquêtés en 2009. Le THIONEX 350EC (Endosulfan) a été retrouvé chez un seul producteur. Cette matière active insecticide a été récemment interdite d'usage au Bénin comme dans tous les pays du Comité Inter-Etats de Lutte contre la Sécheresse dans le Sahel (CILSS) (PAN et IPEN, 2008). L'endosulfan est neurotoxique et est classé dans la catégorie Ib (très hautement dangereux) par l'US EPA (US EPA, 2002) et dans la catégorie II (modérément dangereux) par l'OMS (WHO, 2005). Des cas d'intoxications et de morts ont été imputés à l'endosulfan au Bénin (Ton *et al.*, 2000). Les biopesticides sont peu utilisés par les producteurs confirmant les résultats de Adékambi *et al.* (2010). Les biopesticides recensés sont le LASER 480SC (Spinosad 480 g/L), un bioinsecticide le plus souvent utilisé sur la tomate au Bénin et le BIOBITE (*Bacillus thuringiensis*). Les dosages et des délais avant récolte recommandés par les fabricants ne sont souvent pas respectés. Ces pratiques constituent des facteurs de risques pour les consommateurs. Ces mêmes constats ont été faits dans le maraîchage en milieu rural à Tori-Bossito (Ahouangninou *et al.*, 2011) et dans d'autres pays d'Afrique de l'ouest (Cissé *et al.*, 2003). Les indices de fréquence de traitement insecticide et fongicide (nombre de dose homologués de pesticides utilisés) calculés sont de loin supérieurs aux IFT herbicides et IFT hors herbicides de références pour les cultures en France (Brunet *et al.*, 2007).

L'usage des produits phytosanitaires requiert des moyens de protection pour assurer la sécurité des applicateurs face aux dangers que peuvent entraîner ces produits. Tous les maraîchers reconnaissent les dangers de ces produits sur la santé humaine et l'environnement. Certains signes cliniques aigus consécutifs à l'utilisation des pesticides chimiques ont été recensés chez ces producteurs (maux de tête, irritation des yeux, irritation de la peau, douleurs abdominales) confirmant les résultats de Snelder *et al.* (2008) et Tomenson et Matthews (2009). Très peu de producteurs se conforment aux règles d'hygiène lors de la préparation et l'application des pesticides. Certaines parties du corps des producteurs sont exposées aux pesticides lors des traitements phytosanitaires. Ces résultats corroborent ceux de Wade (2003), de Ahouangninou (2008) et de Snelder *et al.* (2008). Ce défaut de protection les expose à diverses pathologies susceptibles d'être induites par les pesticides comme les troubles neurologiques, immunologiques, dermatologiques, les cancers, les troubles respiratoires et digestifs (Samborn *et al.*, 2004 ; Sousa Passos, 2006). Certaines pratiques comme le stockage des pesticides en chambre et le rejet des emballages vides de ces produits dans l'environnement constituent des risques pour la santé humaine et l'environnement (Ahouangninou *et al.*, 2011).

6.3.2. Risques sanitaires et environnementaux liés aux pratiques phytosanitaires maraîchères

6.3.2.1. Evaluation des risques environnementaux et sanitaires des pesticides

L'indicateur de risque pour l'environnement a montré le carbofuran comme étant le produit le plus dangereux pour l'environnement parmi toutes les matières actives recensées. En plus cette matière active doit être utilisée à forte dose (5 kg ma/ha) pour être efficace en traitement du sol contre les nématodes, d'après les inscriptions présentes sur l'emballage. Il semblerait que le carbofuran soit le seul produit utilisé comme nématicide au Bénin. L'IRE a confirmé la place du carbofuran dans la catégorie 1B (hautement dangereux) du classement des pesticides selon l'Organisation Mondiale de la Santé (WHO, 2005).

L'IRE a classé aussi le chlorpyrifos-éthyl et l'endosulfan comme les plus dangereux pour l'environnement après le carbofuran. L'endosulfan a été récemment interdit d'usage au Bénin. Le *Bacillus thuringiensis* et le spirotétramate sont classés comme moins dangereux pour l'environnement après l'acétamipride. Néanmoins l'utilisation de l'acétamipride présente un risque pour les oiseaux et les invertébrés terrestres tels que les abeilles.

Quant à l'IRS, il classe le mancozèbe, le chlorpyriphos-éthyl et l'endosulfan comme ceux présentant des risques d'impacts les plus élevés pour la santé des producteurs et des consommateurs. Ces matières actives présentent des risques élevés de toxicité chronique et un potentiel de bioaccumulation élevé chez l'humain.

Les formulations de LAMBDASUPER 2,5EC (lambdacyhalothrine 25 g/L) et le TOPSIN M (méthylthiophanate), les plus utilisées par les producteurs, présentent des risques sanitaires et environnementaux relativement moins élevés comparés aux formulations d'endosulfan et de chlorpyriphos-éthyl. La formulation de lambdacyhalothrine présente un risque élevé de toxicité aigüe (irritation cutanée et oculaire élevées). Elle présente aussi un risque d'impact élevé pour les organismes aquatiques. Le méthylthiophanate présente des risques de toxicité chronique et un impact sur les organismes terrestres. Quant aux biopesticides LASER 480SC (Spinosad) et BIOBITE (*Bacillus thuringiensis*), ils présentent des risques sanitaires les plus faibles.

L'utilisation des biopesticides est donc un moyen pour minimiser les risques sanitaires et environnementaux des pratiques phytosanitaires des maraîchers.

6.3.2.2. Risques sanitaires et environnementaux des traitements pesticides des exploitations

Les indices de risque environnementaux et sanitaires des pesticides plus élevés respectivement à Sèmè-kpodji et à Ouidah peuvent s'expliquer par le fait que les maraîchers de ces sites ont emblavé plus de superficie et ont utilisé en 2009 des matières actives à risques relativement élevés comparé à leurs homologues de Houéyiho à Cotonou.

En ce qui concerne l'évolution de ces risques, chez la plupart des producteurs suivis, les risques sanitaires liés à l'utilisation des pesticides augmentent en fonction du temps. Certains producteurs ont utilisé des pesticides très peu toxiques ou moins de matières actives en 2009 et des pesticides plus toxiques et beaucoup plus de matières actives dans les années 2010 et 2011. En ce qui concerne les risques environnementaux, l'évolution est croissante chez certains maraîchers et décroissante chez d'autres. Les producteurs n'ont aucun objectif de réduction des risques sanitaires et environnementaux des pesticides. Ils utilisent seulement les pesticides qu'ils trouvent sur le marché. L'essentiel pour eux est que ces produits puissent neutraliser les ravageurs ou empêcher ces nuisibles d'attaquer les cultures.

L'IRPeQ a permis de calculer le risque environnemental et sanitaire des pesticides en relation avec les doses appliquées à l'hectare. Pour le calcul de l'IRE, les propriétés écotoxicologiques ont été prises en compte pour estimer l'impact des matières actives sur les invertébrés, les oiseaux et les organismes aquatiques. Il considère aussi plusieurs paramètres physicochimiques comme la mobilité, la persistance dans le sol et la bioaccumulation en plus de certaines autres caractéristiques liées à la préparation commerciale. Pour le calcul de l'IRS, l'ensemble des caractéristiques toxicologiques aiguës et chroniques, la persistance environnementale et le potentiel de bioaccumulation des produits sont considérés. Par ailleurs, le type de formulation et le type d'équipement d'application viennent moduler le risque sanitaire. Cet indicateur permet de comparer les pesticides entre eux, afin de pouvoir faire des choix éclairés dans une optique de protection de l'environnement et de la santé de la population (Samuel *et al.*, 2007). Cet indicateur nous a permis aussi de calculer le risque environnemental et sanitaire pour chaque exploitation et de suivre l'évolution du risque pour certaines exploitations. Dans le premier cas, les indices de risques sont calculés sur la base de doses repères appliquées à l'hectare alors que dans le cas d'application à la ferme, le module IRPeQ-express permet aux producteurs agricoles d'intégrer la dose réelle appliquée dans leur calcul (Boutin *et al.*, 2009). Ce module est complémentaire et différent de SAgE pesticides qui se veut surtout un outil facilitant le choix de pesticides à moindre risque (<http://www.sagepesticides.qc.ca/>). L'IRPeQ tiens aussi compte de la dérive et de la hauteur de la végétation dans le calcul des IRE. Pour ce qui est de l'IRS, le port d'équipements de protection individuelle (EPI) n'est pas considéré dans le calcul, car l'IRPeQ considère que les bonnes pratiques sont respectées par les travailleurs. Cette variable peut facilement être intégrée à un exercice d'analyse de risques qui fait référence à des scénarios d'exposition précis mais difficilement à un outil d'aide à la décision. Le type de technique d'application est toutefois considéré et des modifications pourraient être faites pour adapter l'IRPeQ aux conditions d'utilisation des pesticides en Afrique tropicale où certains producteurs utilisent des branchages de feuilles pour asperger la bouillie insecticide et ne respectant pas les dosages recommandés (Ahouangninou *et al.*, 2011). Une faible corrélation a été observée entre indices de risque sanitaires et environnementaux ($\phi=0,39$), ce qui confirme les résultats de Samuel *et al.* (2007). Les deux indices n'ont pas les mêmes modes de calcul et n'utilisent pas les mêmes variables d'entrée.

Le problème des indicateurs de risques est qu'ils utilisent des données qui ne sont toujours pas accessibles pour toutes les matières actives. Ces critiques ont été aussi formulées

par van der Werf (1996). Aucun niveau de référence n'ayant été fixé pour les indicateurs de risques, les résultats obtenus par agrégation des scores de sous-indicateurs ou paramètres manquent de lisibilité et ne permettent pas de faire un diagnostic et d'affirmer si un produit est bon à utiliser ou non (Devillers *et al.*, 2007), mais de comparer des matières actives et préparations commerciales entre elles afin de faire des choix les moins à risque pour la santé humaine et pour l'environnement. Mais l'IRPeQ à la différence de beaucoup d'indicateurs de risque de pesticide dans la littérature n'accorde pas de poids élevé aux variables d'entrée (Devillers *et al.*, 2007 ; Giuseppe *et al.*, 2010). C'est un indicateur complexe utilisant l'agrégation des scores de plusieurs paramètres et très sensible aux variations des variables d'entrée.

6.3.3. Facteurs déterminant les pratiques phytosanitaires

6.3.3.1. Facteurs déterminant l'utilisation des pesticides chimiques

Le nombre d'années d'expérience des producteurs dans la production maraîchère influence négativement et de façon significative l'utilisation des pesticides chimiques. Son influence négative sur l'utilisation des pesticides chimiques (au seuil de 5%) indique que les producteurs plus expérimentés ont tendance à adopter la lutte intégrée contre les maladies et ravageurs de cultures. Ils n'utilisent souvent pas les pesticides systématiquement suivant un calendrier préétabli, mais observent souvent leurs cultures et adoptent des stratégies moins consommatrices en pesticides chimiques. On s'attendait à ce que les producteurs plus expérimentés utilisent systématiquement les pesticides chimiques puisque les travaux de Adékambi *et al.* (2010) sur les perceptions des maraîchers sur l'adoption des extraits aqueux rapportent que les producteurs les plus expérimentés ont plus confiance en l'utilisation des pesticides chimiques qui les perçoivent plus efficaces que les biopesticides. Les producteurs les plus expérimentés préfèrent donc la lutte intégrée utilisant peu de pesticides chimiques à la lutte biologique.

La localisation du site influence aussi négativement et de façon significative l'utilisation des pesticides chimiques (seuil de 5%). Les producteurs de Sèmè-kpodji ont tendance à utiliser moins systématiquement les pesticides chimiques comparés à leurs homologues de Houéyiho. Ceci serait sans doute lié au fait que les producteurs de Sèmè-kpodji sont plus en contact avec les agents de vulgarisation agricole. Le contact avec les services de vulgarisation agricole influence les perceptions des producteurs à adopter les biopesticides (Adékambi *et al.*, 2010). Toutefois les biopesticides ne sont pas souvent

disponibles sur les marchés au Bénin (Adétonah *et al.*, 2011). Une couverture du marché en biopesticides efficaces en plus des mesures de sensibilisation pourrait réduire la dépendance des producteurs aux pesticides chimiques.

Mais l'utilisation systématique des pesticides augmente significativement avec l'âge du producteur au seuil de 1%. Ceci pourrait être lié au fait que certains producteurs plus âgés ont fait irruption dans la production après perte d'emploi ou après être admis à la retraite. Ces derniers ont peu d'expérience dans la production maraîchère. Ceux adoptant la rotation culturale ont tendance à ne plus utiliser systématiquement les pesticides chimiques. La rotation culturale est une technique importante utilisée dans la méthode de lutte intégrée contre les ravageurs et maladies. Elle permet de rompre les cycles de développement des nuisibles sur une même parcelle et réduit les attaques de ravageurs ou infestations parasitaires.

6.3.3.2. Facteurs déterminant le port des équipements de protection individuelle

La protection complète des différentes parties du corps lors des traitements phytosanitaires est significativement influencée par l'expérience du maraîcher dans la production et par la localisation de l'exploitation. L'influence positive de l'expérience professionnelle sur la protection du corps au seuil de 10% indique que les producteurs les plus expérimentés ont tendance à plus protéger les différentes parties de leur corps par rapport aux moins expérimentés ajusté sur les autres variables explicatives. Ceci peut s'expliquer par le fait que ces derniers de par leur expérience mesurent bien le danger que représente l'emploi des pesticides chimiques. Cette pratique est moins fréquente à Ouidah comparée à Houéyiho. Ceci est lié au manque d'encadrement des producteurs à Ouidah, mais aussi à leur ignorance des différents effets des pesticides chimiques sur la santé humaine.

Des actions de sensibilisation sur l'utilisation des équipements de protection individuelle lors des traitements phytosanitaires devront être multipliées. Ces mesures pourront diminuer les risques et impacts sanitaires découlant de l'exposition aux pesticides et qui sont rapportées dans la littérature (Snelder *et al.*, 2008 ; Tomenson et Matthews, 2009 ; Khan *et al.*, 2009 ; Samborn *et al.*, 2004 ; Sousa Passos, 2006).

6.4. Conclusion

Ce chapitre sur l'évaluation des risques sanitaires et environnementaux des pratiques phytosanitaires et leurs déterminants au sud du Bénin a permis d'identifier les pratiques des producteurs, de caractériser les risques liés à leurs pratiques et leur évolution, ainsi que les déterminants de ces pratiques. Les producteurs n'ont pas d'objectif de réduction des risques sanitaires et environnementaux liés à l'utilisation des pesticides, ils utilisent généralement les pesticides qu'ils trouvent pourvu qu'ils arrivent à éliminer les ravageurs et maladies de cultures. Les différents facteurs déterminant les pratiques phytosanitaires des maraîchers sont leur expérience professionnelle, leur âge, le site de production, la pratique de la rotation culturale.

Les efforts de sensibilisation des producteurs sur les risques inhérents à l'utilisation des pesticides chimiques ainsi que le port d'équipements de protection individuelle lors de l'épandage de ces produits doivent être multipliés. Une aide à l'acquisition des équipements de protection individuelle appropriée par ces producteurs et la mise à disposition sur les marchés, des biopesticides efficaces contre tous les nuisibles de cultures maraîchères pourront réduire les niveaux de risque liés à l'utilisation des pesticides chimiques.

Etant donné que la production maraîchère au sud du Bénin est fortement dépendante de l'usage des pesticides chimiques, les résidus ou métabolites de pesticides peuvent se retrouver dans les légumes et dans l'environnement. Le chapitre suivant intitulé : **“Evaluation du niveau de contamination des légumes et de l'environnement maraîcher par les pesticides”** évaluera la qualité des légumes produits, des eaux de forage et des sols quant à la présence ou non de résidus de pesticides.

CHAPITRE 7 : Evaluation du niveau de contamination des légumes et de l'environnement maraîcher par les pesticides au Sud-Bénin

Chapitre 7 : Evaluation du niveau de contamination des légumes et de l'environnement maraîcher par les pesticides au sud-Bénin

La production maraîchère constitue une filière importante de l'agriculture urbaine et périurbaine. Elle contribue à la sécurité alimentaire en produisant des légumes et assure ainsi la disponibilité en aliments à la population. Les légumes constituent d'importantes sources de protéines végétales, de vitamines et d'oligo-éléments pour l'alimentation humaine (Farnham, 2000 ; Causse *et al.*, 2003 ; Santos et Simon, 2006). La production maraîchère donne l'accès au revenu à un grand nombre d'individus réduisant le niveau de chômage. La production est assurée par de petits producteurs organisés dans les grandes villes ou aux périphéries des grandes villes occupant le plus souvent les zones de bas-fonds. Si cette activité présente un intérêt économique, il n'en demeure pas moins qu'elle engendre d'importantes nuisances sur le plan environnemental, notamment les problèmes liés à l'irrigation agricole, la réduction de la biodiversité et les impacts sur la santé humaine liés à l'utilisation des pesticides chimiques (Sanborn *et al.*, 2004 ; Pazou *et al.*, 2006a, 2006b ; William et Garba, 2011 ; Pretty *et al.*, 2011). Les pesticides plus toxiques pour l'homme destinés aux cultures cotonnières sont souvent détournés vers la protection des cultures maraîchères face aux attaques de ravageurs de cultures (Ahouangninou *et al.*, 2011). De même les producteurs ne respectent pas toujours les doses prescrites et les délais de sécurité avant récolte des pesticides. Ces pratiques pourraient avoir des conséquences sur la qualité chimique des légumes produits et engendrer des problèmes de santé aux consommateurs. Des informations sur l'exposition aux pesticides sont nécessaires (Probst *et al.*, 2012a). L'évaluation de la qualité des eaux, sols et légumes est importante pour la surveillance et la réduction des risques liés aux pesticides (Osman *et al.*, 2010). Pour évaluer le niveau de contamination des eaux, sols et légumes aux pesticides, les techniques conventionnelles telles que la chromatographie couplée à la spectrométrie de masse sont fréquemment utilisées (López-Blanco *et al.*, 2002 ; Rial Otero *et al.*, 2002, 2003 ; González-Rodríguez *et al.*, 2008 ; Kin *et al.*, 2008 ; Osman *et al.*, 2010 ; Lopez-Fernandez *et al.*, 2012). Ces techniques conventionnelles coûtent chères dans les pays en voie de développement. Il est un défi pour ces pays de développer des outils moins chers pour la surveillance des risques pesticides tels que les bioindicateurs. Les bioindicateurs sont des êtres vivants (animaux, plantes ou microorganismes) utilisés pour la surveillance de la santé environnementale. Ils peuvent être des organismes ou une réponse biologique qui révèle la présence de polluants par l'apparition de signes spécifiques ou de réponses mesurables et sont plus qualitatifs. Les travaux sur l'évaluation de la qualité des écosystèmes utilisant les

bioindicateurs ou les approches écotoxicologiques sont rapportés dans la littérature (Markwiese *et al.*, 2001 ; Cooman *et al.*, 2005 ; Deardorff et Stark, 2009 ; Palma *et al.*, 2010). L'objectif de ce chapitre est donc d'évaluer le niveau de contamination des légumes produits, des eaux et sols de sites de production maraîchère au sud du Bénin en utilisant les larves d'*Aedes aegypti* comme bioindicateur de détection.

7.1. Evolution des teneurs résiduelles en pesticides dans les feuilles de chou et sols maraîchers avant et après traitement à la deltaméthrine ou au chlorpyriphos-éthyl

Au temps T=-1h, 1h avant l'épandage du PLAN D-25EC (deltaméthrine 25 g/L), aucun résidu de pesticide n'a été détecté dans les échantillons de feuilles de choux prélevés (Figure 24). Des teneurs en résidus toxiques de l'ordre de 0,073 ppb d'équivalent-deltaméthrine ont été détectées dans les sols prélevés (Figure 25).

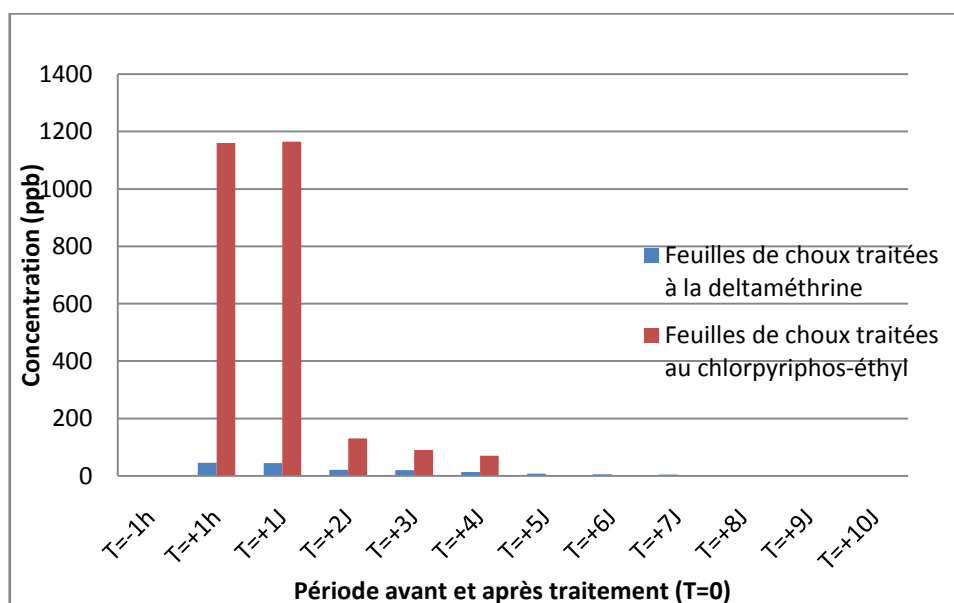


Figure 24. Evolution des teneurs résiduelles en pesticide dans les feuilles de chou après un traitement au chlorpyriphos-éthyl ou à la deltaméthrine

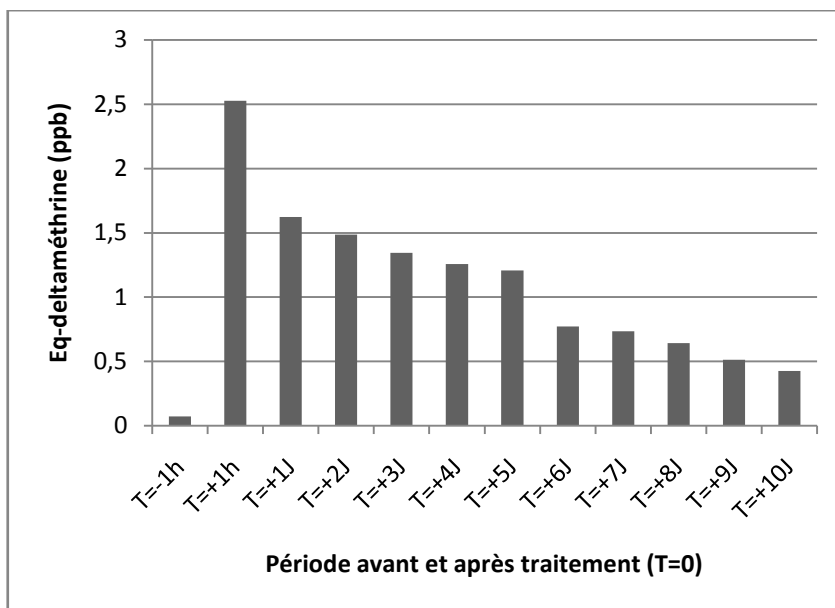


Figure 25. Evolution des teneurs résiduelles en pesticide dans les sols de planches de chou après un traitement à la deltaméthrine

Du temps T=+1h (une heure après traitement) au T=+1J (un jour après traitement), les teneurs résiduelles en deltaméthrine détectées dans les feuilles de choux sont de l'ordre de 45 ppb (ng/g de feuilles) alors qu'elles sont de l'ordre de moins de 3 ppb (3 ng/g de sols ou 59 $\mu\text{g}/\text{m}^2$) dans les sols. Ces teneurs résiduelles en deltaméthrine décroissent en fonction du temps dans les feuilles de choux jusqu'à la période T=+8J. Aucun résidu n'a été détecté au-delà de T=+8J (huit jours après traitement).

Dans les échantillons de sols, les teneurs en deltaméthrine décroissent très faiblement et persistent au-delà de T=+10J (dix jours après traitement) et atteignent 0,45 ng/g (9,2 $\mu\text{g}/\text{m}^2$). Ces teneurs mesurées sont en dessous des teneurs résiduelles maximales en deltaméthrine acceptable dans les légumes qui sont de l'ordre de 500 ppb (0,5 mg/Kg) (FAO et OMS, 2012). Donc un respect strict des dosages recommandés devraient conduire à avoir des teneurs résiduelles en deltaméthrine en dessous des teneurs maximales acceptables dans les légumes. La limite de détection du bioindicateur est de 3,6 ppb d'équivalent-deltaméthrine pour les légumes et 0,09 $\mu\text{g}/\text{L}$ d'équivalent-deltaméthrine pour l'eau alors que les limites de détection (LD) et de quantification (LQ) pour les pesticides dans les légumes avec certaines méthodes chromatographiques sont respectivement de 2-10 ng/g et 6-20 ng/g (Osman *et al.*, 2010). Les limites de détection pour le carbofuran dans l'eau avec le high performance liquid chromatography-photodiode-array detection sont de 0,06 $\mu\text{g}/\text{L}$ et 8,9 $\mu\text{g}/\text{L}$ respectivement pour le solid-phase extraction (SPE) et le solid-phase microextraction (SPME) (López-Blanco

et al., 2002). Aussi le délai avant récolte de la deltaméthrine est de 7 jours. Le bioindicateur a décelé la présence de deltaméthrine dans le chou jusqu'au huitième jour après traitement au dosage recommandé. Ce bioindicateur de détection constitue donc un outil adéquat pour l'évaluation de la qualité des légumes prélevés sur des champs traités à priori à la deltaméthrine. La concentration en deltaméthrine mesurée dans le sol à T=+1J (un jour après traitement) est inférieure à celle rapportée par Hill et Johnson (1986) dans la litière d'un champ canadien qui était en moyenne de 146 µg/m² un jour après traitement aérien à la deltaméthrine. La demi-vie TD₅₀ pour la deltaméthrine est 5 jours dans les sols, ce qui est en dessous de celle rapportée dans la litière au Canada qui était de 17 jours. La différence observée pourrait être expliquée par la technique d'application des pesticides, le climat, la température et les caractéristiques du sol (Wauchope *et al.*, 1992).

En ce qui concerne le PYRIFORCE 480EC, au temps T=-1h, 1h avant épandage, aucun résidu de pesticide n'a été détecté dans les échantillons de feuilles de choux (Figure 24). Des teneurs en résidus toxiques de l'ordre de 0,003 ppm d'équivalent-chlorpyriphos-éthyl ont été détectées dans les sols prélevés (Figure 26).

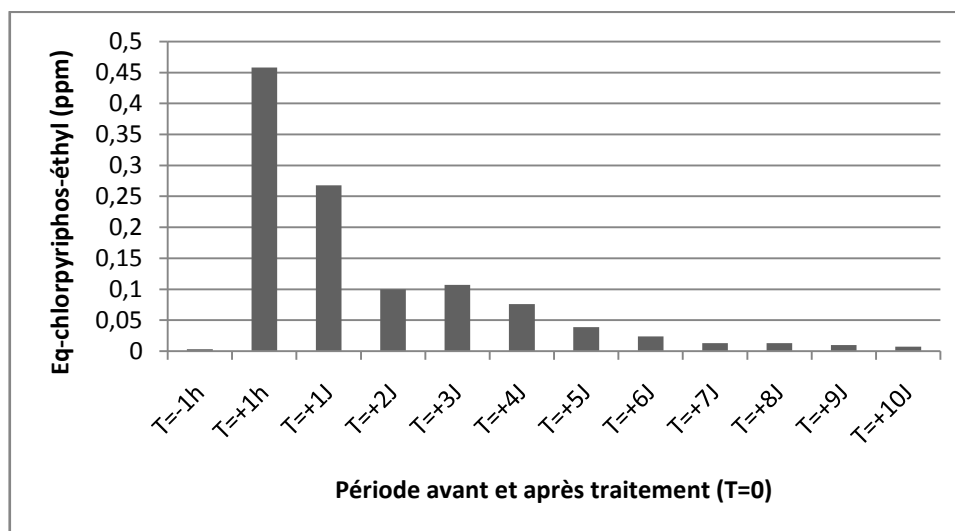


Figure 26. Evolution des teneurs résiduelles en pesticide dans les sols de planches de chou après un traitement au chlorpyriphos-éthyl

Du temps T=+1h au T=+1J, les teneurs résiduelles en chlorpyriphos-éthyl détectées dans les feuilles de choux sont de l'ordre de 1,16 ppm (mg/Kg de feuilles) alors qu'elles sont de l'ordre de moins de 0,5 ppm (mg/Kg de sols) dans les sols. Ces teneurs résiduelles en chlorpyriphos-éthyl décroissent en fonction du temps dans les feuilles de choux jusqu'au temps T=4J. Aucun résidu n'a été détecté au-delà de T=+4J (quatre jours après traitement).

Dans les échantillons de sols, les teneurs en chlorpyrifos-éthyl décroissent très faiblement et persistent au-delà de T=+10J (dix jours après traitement). Les teneurs en chlorpyrifos-éthyl détectées aux temps T=+1h et T=+1J sont plus élevées que les teneurs maximales acceptables dans les légumes qui sont de l'ordre de 0,1 à 0,5 mg/Kg de chlorpyrifos-éthyl selon le codexalimentarius (FAO and WHO, 2012). Les limites de détection du bioindicateur sont de 0,06 mg/kg de légumes et 1,48 µg/L dans l'eau alors qu'elles sont de 0,002-0,010 mg/kg pour certaines méthodes chromatographiques (Osman *et al.*, 2010). Les concentrations en chlorpyrifos-éthyl mesurées dans les choux collectés au marché rapportées par Osman *et al.* (2010) étaient en moyenne de 6,207 mg/Kg et au dessus de celles détectées avec ce bioindicateur. Le bioindicateur ne pourrait pas détecter des teneurs en chlorpyrifos-éthyl inférieures à 0,06 mg/kg dans les légumes, mais les concentrations en organophosphorés mesurées dans les légumes dans plusieurs études étaient supérieures à la limite de détection de ce bioindicateur pour le chlorpyrifos-éthyl (Baig *et al.*, 2009; Osman *et al.*, 2010). Le délai avant récolte du PYRIFORCE 480EC sur les légumes est de 14 jours alors que le bioindicateur n'a permis de déceler la présence de chlorpyrifos-éthyl qu'à moins de 5 jours après traitement au dosage recommandé. Le bioindicateur est donc moins sensible pour la détection du chlorpyrifos-éthyl, mais reste un outil capable de détecter la présence ou non de résidus de pesticides dans des légumes traités aux pyréthrinoïdes, ou aux organophosphorés ou aux insecticides binaires pyréthrinoïdes et organophosphorés. Les concentrations moyennes en chlorpyrifos-éthyl mesurées dans les sols à T=+1J (un jour après traitement) sont de 0,46 mg/kg et supérieures à celles mesurées par Kihampa *et al.* (2010) dans des sols en champ de tomate qui variaient de 0,09 à 0,172 mg/kg. La limite de détection en chlorpyrifos-éthyl dans les sols avec ce bioindicateur (0,0015 mg/kg) est inférieure aux mesures rapportées par Kihampa *et al.* (2010).

Des échantillons de sols prélevés une heure avant traitement à la deltaméthrine ou au chlorpyrifos-éthyl se sont révélés positifs avec des teneurs respectives de 0,073 ppb et 0,003 ppm de sols. Ces résultats supposent que d'autres facteurs présents dans ces sols comme les fertilisants ont pu jouer un rôle dans la faible mortalité observée au niveau des larves L1 d'*Aedes aegypti*. Si l'application des engrais chimiques et organiques entraîne une augmentation de la densité des populations de larves de moustiques dans les zones de production (Victor et Reuben, 2000), cependant des effets toxiques ont été rapportés au-delà d'un certain seuil sur les larves immatures (Muturi *et al.*, 2007). Les effets toxicologiques des

engrais minéraux sur les larves d'*Aedes sp* ont été rapportés dans la littérature (Fedorova, 1989a, 1989b, 1990).

7.2. Analyse de résidus de pesticides dans les produits maraîchers collectés avant récolte

Huit spéculations végétales et vingt échantillons ont été prélevés dans les sites maraîchers avant récolte (Tableaux XLII et XLIII). Il s'agit de la grande morelle (*Solanum macrocarpon*), de l'amarante (*Amaranthus hybridus*), de vernonie (*Vernonia amygdalina*), de basilic (*Ocimum basilicum*), du navet (*Brassica rapa*), du chou (*Brassica oleracea*), de laitue (*lactuca sativa*) et du gombo (*Abelmoschus esculentum*). Des résidus de pesticides ont été détectés dans 30% des échantillons prélevés avant récolte (Tableau XLIII).

Tableau XLII. Teneurs résiduelles en pesticide dans les légumes collectés avant récolte sur les sites

Sites maraîchers	Nombre	Echantillons	Taux de positif (%)	Teneur moyenne (ppb d'équivalent-deltaméthrine)	Teneur moyenne (ppm d'équivalent-chlorpyrifos-éthyl)
Houéyiho	2	Grande morelle	50	96,6	5,34
	1	Amarante	100	5,2	0,08
	1	Vernonie	100	23,2	1,33
	1	Basilic	0	Nd	Nd
Sèmè-kpodji	1	Vernonie	0	Nd	Nd
	1	Basilic	0	Nd	Nd
	1	Navet	100	27,5	3,99
	1	Amarante	100	9,7	0,11
	1	Laitue	0	Nd	Nd
	1	Grande morelle	0	Nd	Nd
Ouidah	2	Grande morelle	0	Nd	Nd
	2	Basilic	0	Nd	Nd
	2	Vernonie	0	Nd	Nd
	1	Gombo	0	Nd	Nd
	2	Chou	50	5,5	0,09

Nd : Not detected

Source : Résultats Août 2011

Tableau XLIII. Fréquence d'échantillons positifs par sites maraîchers

Echantillons	Houéyiho		Sèmè-kpodji		Ouidah		Total	
	Taux de		Taux de		Taux de		Taux de	
	Nombre	positif (%)	Nombre	positif (%)	Nombre	positif (%)	Nombre	positif (%)
Grande morelle	2	50,0	2	0,0	1	0,0	5	20,0
Basilic	1	0,0	1	0,0	2	0,0	4	0,0
Vernonie	1	100,0	1	0,0	2	0,0	4	25,0
Gombo	0	-	0	-	1	0,0	1	0,0
Chou	0	-	0	-	2	50,0	2	50,0
Amarante	1	100,0	1	100,0	0	-	2	100,0
Navet	0	-	1	100,0	0	-	1	100,0
Laitue	0	-	1	0,0	0	-	1	0,0
Total	5	60,0	7	28,6	9	12,5	20	30,0

Source : Résultats Août 2011

Des résidus ont été détectés dans des échantillons de feuilles de grande morelle, d'amarante, de vernonie, de navet et dans le chou. Environ 3/5 des échantillons prélevés sur le site de Houéyiho à Cotonou sont positifs. A Sèmè-kpodji et Ouidah, les taux de d'échantillons positifs sont respectivement de 28,6% et 12,5%. Les teneurs résiduelles en pesticides varient de 5,2 à 96,6 ppb d'équivalent-deltaméthrine ou de 0,08 à 5,34 ppm d'équivalent-chlorpyriphos-éthyl. Les teneurs résiduelles les plus élevées ont été détectées dans la grande morelle qui est une espèce végétale fortement attaquée par les acariens.

7.3. Analyse des teneurs résiduelles en pesticides dans les produits maraîchers collectés sur les marchés de Cotonou

Quatorze spéculations et quarante échantillons de légumes ont été collectés dans six marchés de Cotonou et de sa périphérie (Tableau XLIV). Les quatorze spéculations végétales sont la laitue (*Lactuca sativa*), la tomate (*Lycopersicon esculentum*), la carotte (*Daucus carota*), le chou (*Brassica oleracea*), l'amarante (*Amaranthus hybridus*), la grande morelle (*Solanum macrocarpon*), le poivron (*Capsicum annuum*), l'épinard (*Spinacia oleracea*), la betterave (*Beta vulgaris*), l'oignon (*Allium cepa*), le navet (*Brassica rapa*), le concombre (*Cucumis sativus*), la vernonie (*Vernonia amygdalina*) et le basilic (*Ocimum basilicum*) (Tableau XLIV). Des résidus de pesticide ont été détectés dans 1/8 des légumes prélevés et dans les marchés de Godomey, de Haie-vive, de Gbégamey et de St-Michel (Tableau XLV).

Tableau XLIV. Teneurs résiduelles en pesticides dans les légumes collectés sur les marchés

Marchés	Nombre	Echantillons	Taux de positif (%)	Teneur moyenne (ppb d'équivalent-deltaméthrine)	Teneur moyenne (ppm d'équivalent-chlorpyrifos-éthyl)
Godomey	1	Laitue	100	14,6	0,15
	1	Carotte	0	Nd	Nd
	1	Tomate	0	Nd	Nd
	1	Chou	0	Nd	Nd
	1	Amarante	0	Nd	Nd
	1	Grande morelle	0	Nd	Nd
Kindonou	1	Chou	0	Nd	Nd
	1	Laitue	0	Nd	Nd
	1	Carotte	0	Nd	Nd
	1	Grande morelle	0	Nd	Nd
Haie-vive	1	Chou	0	Nd	Nd
	2	Laitue	50	2,9	0,05
	1	Carotte	0	Nd	Nd
	1	Poivron	0	Nd	Nd
	1	Epinard	0	Nd	Nd
	1	Betterave	0	Nd	Nd
	1	Oignon	0	Nd	Nd
Ganhi	2	Laitue	0	Nd	Nd
	2	Chou	0	Nd	Nd
	1	Tomate	0	Nd	Nd
	1	Navet	0	Nd	Nd
	1	Concombre	0	Nd	Nd
	1	Carotte	0	Nd	Nd
	1	Oignon	0	Nd	Nd
	1	Poivron	0	Nd	Nd
Gbégamey	1	Carotte	0	Nd	Nd
	1	Basilic	100	4,4	0,05
	1	Grande morelle	0	Nd	Nd
	1	Vernonie	0	Nd	Nd
	1	Tomate	100	4,4	0,05
St-Michel	1	Laitue	0	Nd	Nd
	1	Chou	0	Nd	Nd
	1	Carotte	0	Nd	Nd
	1	Poivron	100	2,1	0,03
	1	Grande morelle	0	Nd	Nd
	1	Vernonie	0	Nd	Nd
	1	Tomate	0	Nd	Nd

Source : Résultats Août 2011

Aucun résidu de pesticides n'a été détecté dans les échantillons prélevés dans les marchés de Kindonou et de Ganhi. Les résidus de pesticides ont été détectés dans les feuilles de laitue, de basilic, dans la tomate et dans le poivron. Les teneurs résiduelles varient de 2,1 à 14,6 ppb d'équivalent-deltaméthrine ou 0,03 à 0,15 ppm d'équivalent-chlorpyrifos-éthyl (Tableau XLIV). Ces teneurs en résidus de pesticide sont inférieures aux limites maximales de résidus (LMR) dans les légumes à l'exception de la laitue échantillonnée au marché de Godomey si cet échantillon avait été traité aux organophosphorés. Néanmoins la consommation de ces légumes présente des risques pour la santé humaine.

Tableau XLV. Fréquence d'échantillons positifs provenant des sites maraîchers et des marchés

Echantillons	Sites maraîchers		Marchés	
	Taux de positif		Taux de positif	
	Nombre	(%)	Nombre	(%)
Grande morelle	5	20,0	4	0,0
Basilic	4	0,0	1	100,0
Vernonie	4	25,0	2	0,0
Gombo	1	0,0	0	-
Chou	2	50,0	6	0,0
Amarante	2	100,0	1	0,0
Navet	1	100,0	1	0,0
Laitue	1	0,0	7	28,6
Carotte	0	-	6	0,0
Tomate	0	-	4	25,0
Poivron	0	-	3	33,3
Epinard	0	-	1	0,0
Betterave	0	-	1	0,0
Oignon	0	-	2	0,0
Concombre	0	-	1	0,0
Total	20	30,0	40	12,5

Source : Résultats Août 2011

7.4. Analyse des résidus de pesticides, nitrates, nitrites et phosphates dans les sols, eaux provenant des sites maraichers

Aucune mortalité ou effet léthal n'a été observé au niveau des larves L1 d'*Aedes aegypti* au contact des échantillons d'eaux de forage prélevés sur les sites maraîchers. Ces échantillons d'eaux se sont donc révélés négatifs et ne contiennent donc pas de résidus de

pesticides. Les teneurs moyennes en nitrates dans ces eaux prélevées sont de 13,45 mg/L ; 16,40 mg/L et 32,75 mg/L respectivement à Sèmè-kpodji, Houéyiho et Ouidah (Tableau XLVI). Ces teneurs sont inférieures à celles admises par l'OMS dans les eaux qui sont de 50 mg/L (FAO et OMS, 2012). Les teneurs moyennes en nitrites sont plus élevées à Houéyiho (0,76 mg/L) comparées à Sèmè-kpodji (0,006 mg/L) et à Ouidah (0,003 mg/L). Les nitrites proviennent de la décomposition des nitrates.

Les teneurs moyennes en résidus toxiques dans les sols sont respectivement de 1,298 ppb; 1,475 ppb et 0,33 ppb d'équivalent-deltaméthrine à Houéyiho, Sèmè-kpodji et Ouidah (Tableau XLVI). Les teneurs moyennes en nitrates sont moins élevées à Houéyiho (544,31 mg/Kg de sols ou 108,86 Kg/ha) comparées à celles de Sèmè-kpodji et de Ouidah ($p < 0,05$). Les valeurs trouvées sont de loin supérieures à celles trouvées par Assogba-Komlan *et al.* (2007) dans les sols de cultures maraîchères dans la vallée de l'Ouémé et à Cotonou au sud du Bénin. Ceci suppose un risque d'infiltration des nitrates dans les eaux souterraines. En ce qui concerne les nitrites, aucune différence significative au seuil de 5% n'a été observée. Les valeurs moyennes sont respectivement de 3,48 mg/Kg ; 2,89 mg/Kg et 4,97 mg/Kg à Houéyiho, à Sèmè-kpodji et à Ouidah. Des teneurs moyennes plus élevées de phosphates dans les sols ont été observées à Houéyiho (2270 mg/Kg). Ces valeurs sont significativement plus élevées que celles mesurées à Sèmè-kpodji et à Ouidah ($p < 0,05$).

Tableau XLVI. Teneurs résiduelles en pesticides, nitrates, nitrites et phosphates dans les échantillons d'eaux et sols des sites maraîchers

Echantillons	Teneurs résiduelles moyennes (ppm d'Eq-deltaméthrine)	Teneurs moyennes en Nitrates	Teneurs moyennes en Nitrites	Teneurs moyennes en Phosphates
Eaux de forage sur sites	(ng/g d'Eq-deltaméthrine)	(mg/L)	(mg/L)	
Houéyiho	Nd	16,40	0,76	-
Sème-kpodji	Nd	13,45	0,006	-
Ouidah	Nd	32,75	0,003	-
Sols maraîchers	(ng/g d'Eq-deltaméthrine)	(mg/Kg)	(mg/Kg)	(mg/Kg)
Houéyiho	1,298	544,31	3,48	2270,00
Sème-kpodji	1,475	1118,44	2,89	772,50
Ouidah	0,33	1071,47	4,97	283,33

Nd : Non détecté

Source : Résultats Août 2011

Les résultats de l'estimation du modèle d'analyse des déterminants de la mortalité des larves L1 d'*Aedes aegypti* au contact des extraits de sols ont montré que le modèle est globalement significatif au seuil de 10%, mais ne l'est pas à 5% (Tableau XLVII). L'ensemble des teneurs en nitrates, nitrites et phosphates et nombre de jours après traitement pesticide explique 68,8% de la variation dans la mortalité observée au niveau des larves L1 d'*Aedes aegypti*. La mortalité constatée chez les larves au contact des extraits de sols n'est pas seulement due à la présence de pesticides dans les sols, mais aussi aux teneurs en nitrates et phosphates dans ces échantillons et confirme ainsi les résultats de Fedorova (1989a, 1989b) et de Muturi *et al.* (2007). Le bioindicateur utilisé n'est donc pas spécifique à la détection des résidus de pesticides dans les sols de production maraîchère, mais permet de déceler dans ces sols, la présence d'éléments toxiques pour les larves d'*Aedes aegypti*.

Tableau XLVII. Résultats de l'estimation du modèle d'analyse des déterminants de la mortalité des larves L1 d'*Aedes aegypti* au contact des sols

Paramètres	Mortalité des larves L1 d' <i>Aedes aegypti</i>	
	Coefficients	Erreur-standard
Nitrates	0,053**	0,02
Nitrites	-7,633	4,203
Phosphates	0,015**	0,005
Delai après traitement au pesticide (jours)	-0,042*	0,03
Constante	1,846	31,086
F	4,42*	
R ² -ajusté	0,688	

*, ** indiquent significatifs à 10%, 5%

Source : Résultats Août 2011

7.5. Essai de mise au point d'une galerie d'identification des familles chimiques de pesticides présents dans les échantillons

D'après les résultats des tests de sensibilité, la souche KisKdr d'*Anopheles gambiae* est 635 fois moins sensible à la deltaméthrine que la souche Kisumu (Tableau XLVIII). Par contre sa sensibilité au chlorpyrifos-éthyl est bien comparable à celle de Kisumu. La souche Acerkis est 22 fois moins sensible au chlorpyrifos-éthyl que la souche Kisumu. Par contre sa sensibilité à la deltaméthrine est bien comparable à celle de Kisumu.

Tableau XLVIII. Toxicité (CL50) de la deltaméthrine et du chlorpyrifos sur les larves de 3 souches d'*Anopheles gambiae*

<u>Insecticide / souche An. Gambiae</u>	<u>Kisumu</u>	<u>KisKdr (FR*)</u>	<u>Acerkis (FR*)</u>
<u>Deltamethrine</u>	0,26 µg/l [0,247-0,273]	165 µg/l (635) [156,7-173,2]	0,31 µg/l (1.2) [0,294-0,325]
<u>Chlorpyrifos éthyl</u>	1,66 µg/l [1,577-1,743]	1,90 µg/l (1.1) [1,805-1,995]	37 µg/l (22) [35,2-38,8]

*** : Facteur de Résistance = CL50 souche résistante / CL50 souche sensible Kisumu**

Aucune mortalité n'a été observée au niveau des larves KisKdr en contact des extraits éthyliques de choux traités à la deltaméthrine (Tableau XLIX). La souche KisKdr étant une souche résistante aux pyréthriinoïdes, la conclusion est qu'elle discrimine bien les échantillons traités aux pyréthriinoïdes et ceux qui ne l'ont pas été. La souche acerkis résistante aux organophosphorés et aux carbamates présente des taux de mortalité en contact des extraits éthyliques de choux traités au chlorpyrifos-éthyl, cependant ces mortalités sont de loin inférieures à celles enregistrées avec les souches kisumu et Kiskdr. La souche Acerkis a un faible pouvoir discriminant de la présence ou non d'organophosphorés ou de carbamates.

Tableau XLIX. Taux de mortalité des larves L1 des souches kisumu, Kiskdr et Acerkis d'*Anopheles gambiae* au contact des extraits éthyliques de feuilles de choux traités aux pesticides

	Choux traité à la DELTAMETHRINE			Choux traité au CHLORPYRIPHOS-ETHYL		
	MORTALITE (%)			MORTALITE (%)		
TEMPS	Kisumu ¹	Acerkis ²	Kdr ³	Kisumu ¹	Acerkis ²	Kdr ³
T=+1h	92,78	36,67	0	95,55	36,67	100
T=+1J	90	20	0	93,89	35,56	81,67
T=+2J	78,89	19,44	0	60	21,11	34,44
T=+3J	75	10,55	0	-	-	-
T=+4J	53,33	9,44	0	-	-	-

1 : Kisumu : souche sensible de référence ; 2 : Acerkis : souche sensible aux pyréthriinoïdes et résistante aux OP et carbamates ; 3 : KisKdr : souche résistante aux pyréthriinoïdes et sensible aux OP et carbamates

Source : Résultats Août 2011

La souche Kdr permet de suspecter la présence de deltaméthrine dans les feuilles de choux, mais est incapable de suspecter la présence de deltaméthrine ou de pyréthrinoides dans des échantillons traités par des insecticides binaires (Pyréthrinoides+Organophosphorés) ou autres familles chimiques de pesticides. Seule une comparaison des résultats de mortalité au niveau des trois souches d'*Anopheles gambiae* peut aider à l'interprétation des résultats.

7.6. Discussion

7.6.1. Qualité des eaux de forage et des légumes collectés juste avant récolte

Les échantillons d'eaux de forage prélevées sur les sites maraîchers ont été détectés négatifs par le bioindicateur. Ces résultats ne sont pas en accord avec ceux de Traoré *et al.* (2006) qui ont décelé des résidus de pesticides dans les eaux de la nappe phréatique dans les zones de production agricole en Côte d'Ivoire et ceux de Cissé *et al.* (2003) dans les eaux de nappes phréatiques des zones de cultures maraîchères dans les Niayes au Sénégal. Cette différence proviendrait du fait que les producteurs commencent à respecter les doses d'utilisation des pesticides ou que ces échantillons d'eaux contiendraient de faibles teneurs en résidus de pesticides appartenant à des familles chimiques auxquelles seraient moins sensibles les larves L1 d'*Aedes aegypti*. Des teneurs en nitrates mesurées dans les eaux sont supérieures à celles obtenues par Tanko *et al.* (2012) dans les eaux de nappes à Zaria au Nigéria, mais inférieures à celles admises par l'OMS qui sont de 50 mg/L (FAO et OMS, 2012). Les teneurs moyennes en nitrites plus élevées à Houéyiho peuvent s'expliquer par la décomposition des nitrates présents dans ces eaux en nitrites qui sont toxiques pour l'humain.

Des résidus ont été détectés dans des échantillons de feuilles de grande morelle, d'amaranthe, de vernonie, de navet et de chou prélevés juste avant récolte. Les teneurs résiduelles les plus élevées ont été détectées dans la morelle (96,6 ppb d'équivalent-deltaméthrine ou 5,34 ppm d'équivalent-chlorpyrifos-éthyl). Ceci peut être lié au fait que cette spéculature est fortement attaquée par les acariens rouges (*Tetranychus evansi*) au sud du Bénin, ce qui entraîne une utilisation massive d'insecticides. Ces constats confirment les résultats de Sæthre *et al.* (2011) qui ont trouvé des teneurs élevées en ométhoate dans la grande morelle au sud du Bénin. Les teneurs maximales en résidus de pesticides acceptables dans les légumes et fruits varient de 0,1 à 1 mg/kg soit 100 à 1000 ppb (FAO et OMS, 2012) et de 100 ppb et 500 ppb pour le chlorpyrifos-éthyl respectivement dans la carotte et la tomate et 500 ppb pour la deltaméthrine dans les légumes (FAO and WHO, 2012). Les

teneurs résiduelles détectées seraient inférieures aux teneurs maximales acceptables si ces légumes avaient été traités aux pyréthrinoïdes, mais pourraient dépasser ces limites si la grande morelle, la vernonie et le navet avaient été traités avec des organophosphorés. Généralement les producteurs maraîchers au sud du Bénin utilisent des pesticides binaires, souvent des formulations de pyréthrinoïdes et d'organophosphorés pour lutter contre les ravageurs de culture (Ahouangninou *et al.*, 2011). Les teneurs résiduelles mesurées sont inférieures à celles mesurées dans les légumes avant récolte dans la commune rurale de Tori-Bossito au sud du Bénin (4,75 ppm d'Equivalent-deltaméthrine) (Ahouangninou *et al.*, 2012) et dans le périmètre maraîcher de Toligbé au sud du Bénin (1 ppm d'équivalent-deltaméthrine) (T. Martin, IRD-UR016, Unpublished results). Ces légumes pourraient se retrouver sur le marché ou être vendu à des consommateurs qui viennent s'approvisionner directement sur les sites de production car ces légumes sont arrivés au stade de maturité pour être consommés.

7.6.2. Qualité des légumes collectés sur les marchés de Cotonou

Les résidus de pesticides ont été détectés dans les feuilles de laitue, de basilic, dans la tomate et dans le poivron collectés au marché de Cotonou. Les teneurs en résidus de pesticide mesurées sont inférieures aux limites maximales de résidus (LMR) dans les légumes à l'exception de la laitue échantillonnée au marché de Godomey si cet échantillon avait été traité aux organophosphorés. Ces teneurs résiduelles sont aussi inférieures à celles mesurées par Sæthre *et al.* (2011) dans des légumes prélevés au marché dans le sud du Bénin. La différence en teneurs résiduelles dans les spéculations dépend le plus souvent de la période de récolte (Pose-Juan *et al.*, 2006 ; González-Rodriguez *et al.*, 2008 ; Osman *et al.*, 2010), mais aussi de la quantité de matières actives épandue. Les concentrations mesurées dans les légumes collectés au marché sont inférieures à celles rapportées par Amoah *et al.* (2006) ; González-Rodriguez *et al.* (2008) et Osman *et al.* (2010) dans des échantillons de légumes de marchés.

Des analyses régulières de résidus de pesticides dans les légumes consommées devront être faites en complément des efforts de sensibilisation des maraîchers en ce qui concerne les risques sanitaires et environnementaux de ces produits. Aussi la promotion de l'utilisation des extraits naturels de plantes biopesticides dans le contrôle des ravageurs pourrait aussi limiter le risque de présence des résidus de pesticides dans les légumes produits (Lund *et al.*, 2010; Birch *et al.*, 2011).

7.6.3. Analyse critique de la méthode de détection des résidus de pesticides

Les résultats de l'expérimentation ont montré l'évolution des teneurs résiduelles en deltaméthrine et chlorpyriphos-éthyl dans les légumes et sols après traitement aux dosages recommandés par les fabricants. Ils montrent bien la pertinence de la méthode à détecter et estimer les teneurs en résidus de ces pesticides dans les légumes. Mais au niveau des échantillons de sols maraîchers, l'interprétation des résultats doit être nuancée. La mortalité constatée au niveau des larves au contact des extraits de sols n'est pas seulement due à la présence de pesticides dans les sols, mais aussi aux teneurs en nitrates et phosphates et autres toxiques dans ces échantillons, ce qui est en accord avec les résultats de Fedorova (1989a, 1989b) et de Muturi *et al.* (2007). Le bioindicateur utilisé n'est donc pas spécifique à la détection des résidus de pesticides dans les sols de production maraîchère, mais permet de déceler dans ces sols, la présence d'éléments toxiques pour les larves d'*Aedes aegypti*.

Les échantillons d'eaux et de légumes considérés négatifs par le bioindicateur pourraient contenir des concentrations résiduelles en organophosphorés inférieures à 0,06 ppm ou d'autres familles chimiques de pesticides auxquelles les larves L1 d'*Aedes aegypti* sont moins sensibles.

Des analyses chromatographiques couplées à la spectrométrie de masse pourraient préciser les molécules présentes et identifier si possible des résidus d'organophosphorés ou de fongicides ou d'autres familles chimiques de pesticides auxquels sont moins sensibles les larves L1 d'*Aedes aegypti*.

7.7. Conclusion

Des résidus de pesticide ont été retrouvés en faible quantité dans des légumes produits et commercialisés au Bénin et aussi dans des légumes collectés avant récolte au champ. Aucun résidu de pesticides n'a été détecté dans les échantillons d'eaux de forage prélevés sur les sites de production maraîchère. Le bioindicateur permet de détecter des résidus d'insecticides dans des légumes, 4 à 8 jours après traitement insecticide au chlorpyriphos-éthyl et au deltaméthrine aux dosages recommandés sur culture. Mais cette méthode se révèle inappropriée pour rechercher la présence de résidus de pesticides dans des sols de planches maraîchères à cause de la présence de certaines concentrations en nitrates, nitrites, phosphates provenant de la décomposition des engrais toxiques pour les larves L1 d'*Aedes aegypti*. Elle peut cependant être utilisée pour la recherche de résidus de pesticides dans des sols

marâchers laissés en jachère et à priori traités aux pyréthrinoides et organophosphorés. Cette méthode biologique d'évaluation du risque de contamination des légumes par les pesticides s'est révélée plus sensible aux pyréthrinoides, peu coûteuse et facile d'utilisation. Elle pourrait être utilisée dans des programmes de surveillance des risques sanitaires et environnementaux des pesticides et en amont des analyses chimiques classiques qui serviraient ensuite à identifier et quantifier les molécules présentes. La souche Kdr d'*Anopheles gambiae* permet de suspecter la présence de deltaméthrine dans les feuilles de choux. Elle a un fort pouvoir discriminant de la présence de pyréthrinoides dans les échantillons. Des études ultérieures sur la sensibilité des larves d'*Aedes aegypti* à d'autres familles de pesticides utilisées en production maraîchère au Bénin sont d'une nécessité pour connaître la gamme de matières actives que le bioindicateur peut révéler.

Une exploitation maraîchère ne peut survivre dans le temps si elle n'optimise ses ressources ou facteurs de production. Les deux chapitres suivants analyseront la performance économique des marâchers dans la production de la grande morelle et du chou pommé. En effet, ces deux spéculations végétales sont très sensibles aux attaques de ravageurs et maladies qui occasionnent de pertes importantes de rendements aux producteurs.

CHAPITRE 8 : Analyse des efficacités technique, allocative, économique et de la rentabilité dans la production de la grande morelle (*Solanum macrocarpon*) au sud du Bénin

Chapitre 8 : Analyse des efficacités technique, allocative, économique et de la rentabilité dans la production de la grande morelle (*Solanum macrocarpon*) au sud du Bénin

La grande morelle (*Solanum macrocarpon*) est une spéculiation très cultivée par les maraîchers au sud du Bénin (Chapitre 4). Elle nécessite pour sa croissance de bonnes conditions d'irrigation, de fertilisation et un bon contrôle des nuisibles. C'est un légume traditionnel très recherché et apprécié par la population au sud du Bénin. En effet, les légumes traditionnels sont riches en éléments nutritifs en particulier les vitamines A, B et C ainsi que de protéines et de sels minéraux tels que le calcium et le fer (Muhanji *et al.*, 2011). Des teneurs importantes en protéines et vitamines contenus dans ces légumes peuvent corriger des déficiences au niveau des enfants malnutris et femmes enceintes (Habwe *et al.*, 2008). Mais depuis 2008, les producteurs font face à des acariens rouges (*Tetranychus evansi*) difficilement maitrisable attaquant les plants de grande morelle et occasionnant des pertes de rendement (Chapitre 4). Les maraîchers utilisent diverses stratégies pour venir à bout de ces nuisibles en combinant diverses proportions de pesticides et de fertilisants et pour maximiser leur profit. Aussi, il est rapporté dans la littérature que généralement les producteurs n'adoptent pas de bonnes pratiques d'irrigation (Gandonou *et al.*, 2007). Les bonnes pratiques d'irrigation permettraient d'optimiser la production tout en économisant l'eau. Les travaux portant sur l'estimation des efficacités des producteurs maraîchers au Bénin sont peu nombreux. Nous pouvons citer les travaux de Singbo et Lansink (2010), de Arouna et Dabbert (2009). Singbo et Lansink (2010) ont estimé les inefficacités technique, allocative et de profit des systèmes de production de bas-fonds riz et maraîchage. Ces auteurs rapportent que les systèmes de production intégrée riz-maraîchage présentent moins d'inefficacités et que la gestion optimale de l'eau d'arrosage contribue à l'efficacité de la production. Ils concluent que les intrants (fertilisants et semences) ne sont pas utilisés de façon optimale, ce qui entraîne des inefficacités dans la production. Quant à Arouna et Dabbert (2009), ils ont estimé l'efficacité des maraîchers dans l'usage de l'eau pour l'arrosage. Les efficacités des producteurs dans l'usage de l'eau sont respectivement de 0,38 et 0,50 en rendements d'échelles constant et variable. Ces résultats traduisent la présence d'inefficacité des maraîchers dans l'usage de l'eau pour l'arrosage. Tous ces auteurs ont fait leurs études sur le maraîchage en général. Aucune étude spécifique n'a été réalisée sur l'efficacité de la production de la grande morelle (*Solanum macrocarpon*). L'analyse de la performance des maraîchers dans la production de la grande morelle et de ses déterminants est d'une nécessité pour accroître leur productivité et leur profit. L'objectif de ce chapitre est d'estimer les

efficacités des producteurs et d'identifier leurs déterminants dans la production de la grande morelle au Sud du Bénin.

8.1. Systèmes de production et caractéristiques des exploitations

La moyenne des superficies emblavées en grande morelle est de $257,76 \pm 151,0 \text{ m}^2$ (Tableau L). Ces superficies emblavées sont significativement plus élevées à Sèmè-kpodji qu'à Houéyiho et à Ouidah (Kruskal-Wallis=14,62 ; $p=0,0007$). Ceci s'explique par les superficies plus élevées de terre qu'exploitent les producteurs à Sèmè-kpodji.

Tableau L. Moyennes et écart-types des quantités de facteurs de production de grande morelle

Variables	Houéyiho	Sèmè-kpodji	Ouidah	Total
Superficie (m²)				
Moyenne	242,0	302,2	246,5	257,8
Ecart-type	127,2	208,4	144,4	151,0
Capital (Fcfa)				
Moyenne	113219	163634	113301	124998
Ecart-type	116764	142323	120732	125538
Main d'œuvre (Hjr/ha)				
Moyenne	270,1	231,8	256,8	257,76
Ecart-type	90,6	79,2	91,8	89,4
Quantité d'insecticide (Litres/ha)				
Moyenne	19,3	17,3	17,5	18,4
Ecart-type	4,2	5,6	5,9	5,1
Quantité de fongicide (Kg/ha)				
Moyenne	18,5	14,4	17,2	17,2
Ecart-type	6,1	5,4	7,7	6,6
Quantité d'engrais chimique (Kg/ha)				
Moyenne	675,7	675,9	678	675,8
Ecart-type	62,3	86,3	85,9	74,6
Quantité de fientes (tonnes/ha)				
Moyenne	16,4	15,8	15,7	16,1
Ecart-type	1,7	1,7	2,2	1,9
Quantité de semences (Kg/ha)				
Moyenne	0,838	0,831	0,839	0,837
Ecart-type	0,021	0,036	0,03	0,028

Source : Enquêtes 2011-2012

Environ 29,4% des maraîchers produisent de la grande morelle sur moins de 180 m², 55% produisent sur une superficie variant entre 180 m² et 360 m² (Tableau LI). Quant au mode de faire valoir, 77,8% utilisent les terres appartenant au domaine public. Presque la totalité des producteurs de Houéyiho et de Sèmè-kpodji sont concernés par ce mode. A Ouidah, les maraîchers utilisent leurs propriétés ou ont recours au fermage (location). Les producteurs à Ouidah sont pour la plupart des autochtones. La main d'œuvre moyenne utilisée pour un cycle de production de grande morelle (45 jours) est de 257,76 ±89,4 Hjr/ha (Tableau L) avec un maximum de 350 et un minimum de 150 Hjr/ha. Elle est plus élevée à Houéyiho (270,10 Hjr/ha) comparée à Ouidah (256,80 Hjr/ha) et à Sèmè-kpodji (231,80 Hjr/ha). Les producteurs de Sèmè-kpodji utilisent des systèmes d'arrosage motorisés, ce qui réduit la quantité de main d'œuvre dans la production. Concernant le capital de production, il varie de 13475 Fcfa à 487000 Fcfa avec une moyenne de 124998 Fcfa (Tableau L). Il est plus élevé à Sèmè-kpodji (163634 Fcfa) qu'à Houéyiho (113219 Fcfa) et à Ouidah (113301 Fcfa). Plus la superficie emblavée est élevée, plus le capital de production est plus élevé. Les quantités moyennes d'insecticides et de fongicides utilisées étaient respectivement de 18,4 L/ha et 17,2 kg/ha sur l'ensemble des sites de production. Quant aux engrais, les quantités moyennes étaient respectivement de 675,8 kg/ha et 16,1 t/ha pour les engrais chimiques et les fientes. Les quantités moyennes de semences s'élevaient à 0,837 kg/ha. Quatre systèmes de production de grande morelle ont été identifiés (Tableau LI). Ces différents systèmes de production S1, S2, S3, et S4 ont été retrouvés respectivement chez 24,6% ; 18,6%, 27% et 30,1% des producteurs.

Les systèmes S1, S3 et S4 prédominent à Houéyiho. A Sèmè-kpodji, c'est le système S3 qui vient en tête (38,7%), alors qu'à Ouidah, c'est le système S4 qui prédomine (39,3%). Les maraîchers produisant de grandes superficies de grande morelle utilisent des systèmes d'irrigation motorisée (S2 et S3) (Tableau LII). L'utilisation de motopompes dans l'arrosage leur permet d'économiser la main d'œuvre et le temps.

Tableau LI. Caractéristiques des exploitations maraîchères produisant la grande morelle

Variables	Houéyiho		Sèmè-kpodji		Ouidah		Total	
	Nombre	Pourcentage	Nombre	Pourcentage	Nombre	Pourcentage	Nombre	Pourcentage
Superficie (m²)								
[60, 180[	24	35,8	3	9,7	10	35,7	37	29,4
[180, 360[	37	55,2	20	64,5	11	39,3	68	53,9
[360 et plus[	6	8,9	8	25,8	7	25,0	21	16,7
Mode de faire valoir de la terre								
Achat	0	0,0	0	0,0	14	50,0	14	11,1
Domaine public	67	100,0	30	96,7	1	3,6	98	77,8
Héritage	0	0,0	0	0,0	1	3,6	1	0,8
Location	0	0,0	1	3,3	12	42,9	13	10,3
Système de culture								
S1	21	31,3	5	16,1	5	17,9	31	24,6
S2	9	13,4	8	25,8	6	21,4	23	18,3
S3	16	23,9	12	38,7	6	21,4	34	27,0
S4	21	31,3	6	19,4	11	39,3	38	30,1
Total général	67	100,0	31	100,0	28	100,0	126	100,0

S1=Engrais chimique+Engrais organique+Pesticide chimique+Biopesticide+Arrosage manuel

S2=Engrais chimique+Engrais organique+Pesticide chimique+Biopesticide+Motopompe et tourniquet

S3=Engrais chimique+Engrais organique+Pesticide chimique+Biopesticide+Motopompe et tuyaux

S4=Engrais chimique+Engrais organique+Pesticide chimique+Sans Biopesticide+Arrosage manuel

Source : Enquêtes 2011-2012

Tableau LII. Systèmes de production de la grande morelle et modes de faire valoir

Variables	Systèmes de production			
	S1	S2	S3	S4
Superficie (m²)				
Moyenne	222,2	508,7	290,1	188,2
Ecart-type	86,4	175,7	28,4	83,9
Modes de faire valoir de la terre (Nbre)				
Achat	1	4	3	6
Domaine public	26	16	28	28
Héritage	0	0	0	1
Location	4	3	3	3

Source : Enquêtes 2011-2012

8.2. Contraintes liées à la production de la grande morelle

Les producteurs ont énumérés certaines contraintes majeures limitant la production de morelle. Il s'agit de l'attaque des ravageurs en particulier les acariens, les maladies dues aux fongiques, de difficulté d'accès à l'eau, le manque de terre, le manque de main d'œuvre, le problème de fertilité des sols, la difficulté d'accès aux semences et le coût élevé des intrants.

Au niveau des sites de productions, les contraintes ont été soumises à un classement lors des enquêtes par les producteurs. Le test de Kendall a été utilisé pour tester la concordance de ces classements. Les classements effectués présentent l'attaque des ravageurs en particulier les acariens comme étant la contrainte majeure limitant la production de la grande morelle au sud du Bénin (Tableau LIII). Les maladies dues aux champignons viennent en deuxième rang.

Tableau LIII. Hiérarchisation des contraintes dans la production de grande morelle au sud-Bénin

Contraintes	Rang moyen	Ordre	Test de concordance de Kendall	
Ravageurs (acariens)	1,00	1	N	126
Maladies	2,00	2	W de Kendall	0,992
Accès à l'eau	3,13	3	Khi-deux	874,664
Manque de terre	3,89	4	DI	7
Manque de main d'œuvre	5,01	5	Probabilité	0,000
Manque de fertilité des sols	5,97	6		
Difficulté d'accès aux semences	7,00	7		
Coûts élevés des intrants	8,00	8		

Source : Enquêtes 2011-2012

8.3. Circuits de distribution

La grande majorité des producteurs (113 sur 126) produisent la grande morelle pour la vente et pour l'autoconsommation comme le montre la figure 27. Le reste des producteurs produisent uniquement pour vendre.

En ce qui concerne la commercialisation, la clientèle est constituée uniquement de revendeuses chez 123 des maraîchers. Seuls 2,4% des maraîchers vendent leur produit à des restaurants (Figure 28).

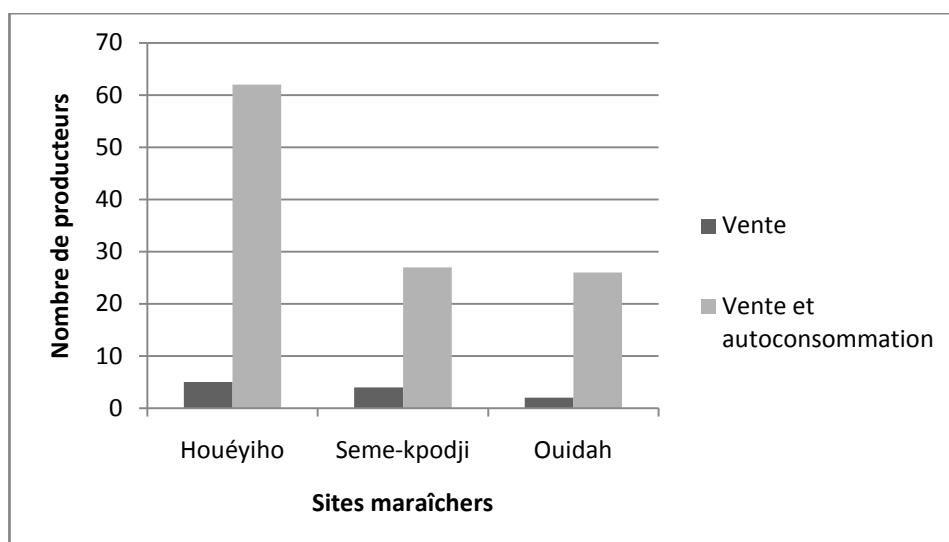


Figure 27: Destination de la production de grande morelle au sud-Bénin

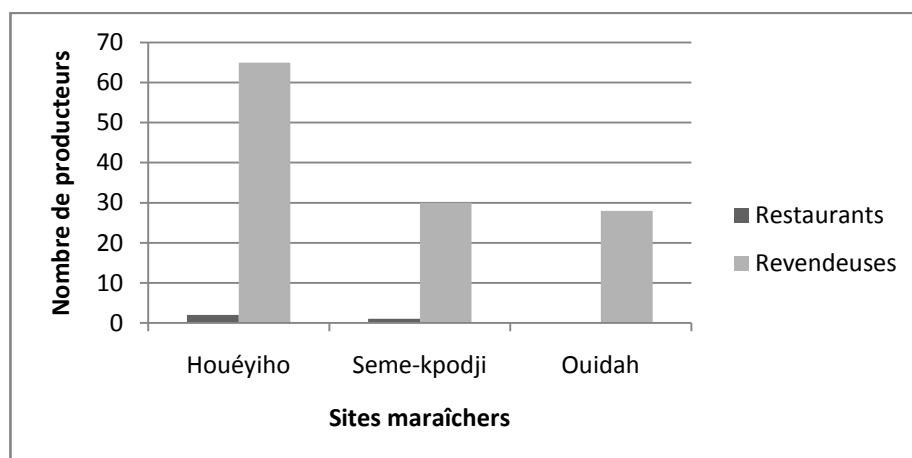


Figure 28. Principale clientèle de la production de grande morelle au sud-Bénin

Source : Enquêtes 2011-2012

8.4. Productivité et rentabilité financière dans la production de grande morelle

8.4.1. Coûts de production

La majorité des producteurs confectionnent des planches de 6 m². Les coûts liés à la confection des planches et semis s'élèvent à 61,47 Fcfa par planche de 6 m² (Tableau LIV). Le binage et le désherbage coûtent respectivement en moyenne 30,77 et 49,92 Fcfa par planche. L'arrosage constitue à lui seul 52,93 % de la main d'œuvre pour l'ensemble des exploitations. Le coût total des opérations revient à une moyenne de 1044,77 Fcfa par planche de 6 m². Les coûts moyens d'intrants (semences, insecticides, fongicides, engrais chimiques, engrais organiques) utilisés par planche représentent respectivement 10,45%, 13,69%, 4,10%,

14,17% et 23,28% du coût moyen de production. Le coût moyen de vente d'une planche de 6 m² de grande morelle est estimé à 2519,60 Fcfa (Tableau LV). Les coûts de la main d'œuvre sont plus élevés à Houéyiho comparés à Ouidah et à Sèmè-kpodji (Kruskal-Wallis=7,152 ; P=0,0280). En effet, le site de Houéyiho est situé à Cotonou, capitale économique du Bénin.

Tableau LIV. Coûts des opérations de production de grande morelle par unité de planche de 6 m²

Variables	Houéyiho		Sèmè-kpodji		Ouidah		Total	
	Ecart-		Ecart-		Ecart-		Ecart-	
	Moyenne	type	Moyenne	type	Moyenne	type	Moyenne	type
Confection de								
planche+semis	63,06	34,50	62,51	34,57	57,39	33,63	61,47	34,26
Arrosage	209,53	127,94	150,18	120,10	186,19	124,48	189,66	127,08
Binage	30,92	1,78	30,21	1,83	30,98	2,04	30,77	1,88
Désherbage	50,27	2,11	49,37	1,77	49,72	1,23	49,92	1,87
Fertilisation	402,90	36,61	384,01	32,93	387,31	39,02	391,31	37,33
Traitement								
phytosanitaire	213,92	41,58	210,78	49,90	210,17	45,46	212,31	44,49
Coût de la main								
d'œuvre	380,14	126,63	318,27	106,84	350,78	116,87	358,35	119,59
Coût total des								
opérations	1066,55	204,82	1004,68	189,67	1037,30	201,35	1044,77	201,41

Source : Enquêtes 2011-2012

Tableau LV. Quantités et coûts moyens d'intrants et extrant par unité de planche de 6m² de grande morelle

	Unités	Qte moyenne	Prix unitaire (Fcfa)	Coût moyen (Fcfa)
Intrants (achat)				
Semences	Grammes	0,5	218,36	109,18
Insecticides	L	0,02	7153,71	143,07
Fongicides	Kg	0,01	4286,22	42,86
Engrais chimiques	Kg	0,4	370,32	148,13
Fientes de volailles	Kg	9,65	25,2	243,18
Produit (vente)				
Feuilles de morelle	Kg	10,15		2519,60

Source : Enquêtes 2011-2012

8.4.2. Productivité des facteurs de production

8.4.2.1. Productivité du facteur terre

La productivité physique de la terre (rendement de la production) est de 16916,10 Kg/ha alors que la productivité en valeur du facteur terre est de 4199326,872 Fcfa/ha (Tableaux LVI et LVII). La productivité physique du facteur terre est plus élevée à Sèmè-kpodji (17644,53 Kg/ha) qu'à Houéyiho (16483,13 Kg/ha) et à Ouidah (17111,60 Kg/ha). Concernant la productivité en valeur de ce même facteur, elle est légèrement moins faible à Sèmè-kpodji par rapport aux autres sites, mais pas significatif ($p=0,8098$). Ceci s'explique par le fait que les producteurs de Sèmè-kpodji ont vendu moins chères leurs récoltes. Le rendement est un peu plus élevé au niveau du système S2 (motopompe et tourniquet) (Tableau LVIII). Ce système d'irrigation apporte de quantités d'eaux suffisantes aux plants pour leur croissance. Le rendement croît à partir de la période 2 puis décroît à la dernière période (Tableau LIX). En effet la grande morelle est récoltée en plusieurs cycles de production. A partir de la deuxième période, le nombre de feuilles de grande morelle augmente puis devient moins abondant au dernier cycle où les plants sont parfois attaqués par des ravageurs ou maladies.

Tableau LVI. Productivités en valeur du travail, de la terre et du capital

	Productivité en valeur de la terre (Fcfa/Ha)	Productivité en valeur du capital	Productivité en valeur du travail (Fcfa/Hjr)
Lieu			
Houéyiho	4208422,121	1,899	15578,670
Ouidah	4228632,660	2,023	16466,639
Sèmè-Kpodji	4153199,653	2,019	17916,397
Système			
Système 1	4299433,107	1,971	12841,795
Système 2	4534668,940	2,312	26103,321
Système 3	4487619,048	2,088	25691,985
Système 4	3656746,032	1,636	11376,846
Période			
1	3773683,547	1,574	23592,477
2	4519317,161	2,376	37551,787
3	4643410,853	2,452	40913,006
4	4476190,476	2,306	34259,259
5	4166666,667	1,953	23148,148
Ensemble	4199326,872	1,956	16351,152

Source : Enquêtes 2011-2012

Tableau LVII. Compte d'exploitation de la production de la grande morelle par site à l'hectare

	Unité	Houéyiho	Sèmè-kpodji	Ouidah	Ensemble
Rendement	Kg/ha	16483,13	17644,53	17111,60	16916,10
Prix de vente	Fcfa/ha	4208422	4153200	4228633	4199327
Coût de semences	Fcfa/ha	180563	180684	182381	181966
Coût d'insecticides	Fcfa/ha	255253	240608	241386	263886
Coût de fongicides	Fcfa/ha	80457	60445	72618	73791
Coût d'engrais chimiques	Fcfa/ha	253140	248342	241930	249468
Coût d'engrais organiques	Fcfa/ha	413763	391991	396088	404476
Coût de carburant	Fcfa/ha	249825	239917	240741	244436
Consommation intermédiaire	Fcfa/ha	1288051	1266552	1226797	1269145
Valeur ajoutée	Fcfa/ha	2920371	2886648	3001836	2930182
Main-d'œuvre	hj/ha	270,14	231,81	256,8	257,76
Coût de la main d'œuvre	Fcfa/ha	718484	616077	671924	682942
Résultat brut d'exploitation	Fcfa/ha	2201887	2270571	2329912	2247240
Amortissement	Fcfa/ha	209314	174237	191756	196669
Résultat net d'exploitation	Fcfa/ha	1992573	2096334	2138156	2050571
Ratios					
VA/CI		2,26	2,28	2,44	2,31
Rentabilité des capitaux engagés (%)		89,92	101,92	102,28	95,62
Rentabilité de l'exploitation (%)		47,34	50,48	50,56	48,83
Productivité physique du travail	kg/hjr	70,89	85,39	78,34	76,14
Productivité du capital	Kg/Fcfa	0,0074	0,0085	0,0082	0,0078
Productivité de la main d'œuvre		5,85	6,74	6,29	6,17

Source : Enquêtes 2011-2012

Tableau LVIII. Compte d'exploitation de la production de la grande morelle par système de production à l'hectare

	Unité	Système 1	Système 2	Système 3	Système 4
Rendement	Kg/ha	16153,34	19282,70	17203,64	15720,90
Prix de vente	Fcfa/ha	4299433	4534669	4487619	3656746
Coût de semences	Fcfa/ha	183105	178370	184007	182191
Coût d'insecticides	Fcfa/ha	281726	191605	271134	235806
Coût de fongicides	Fcfa/ha	86967	44363	68156	85871
Coût d'engrais chimiques	Fcfa/ha	249477	245965	256810	245011
Coût d'engrais organiques	Fcfa/ha	440851	389673	391371	395488
Coût de carburant	Fcfa/ha	0	224276	258305	0
Consommation intermédiaire	Fcfa/ha	1242126	1274252	1429783	1144367
Valeur ajoutée	Fcfa/ha	3057307	3260417	3057836	2512379
Main-d'œuvre	hj/ha	334,8	173,72	174,67	321,42
Coût de la main d'œuvre	Fcfa/ha	766173	463056	496548	915052
Résultat brut d'exploitation	Fcfa/ha	2291134	2797361	2561288	1597327
Amortissement	Fcfa/ha	173549	223646	223059	175557
Résultat net d'exploitation	Fcfa/ha	2117585	2573715	2338229	1421770
Ratios					
VA/CI		2,46	2,56	2,14	2,20
Rentabilité des capitaux engagés (%)		97,05	131,25	108,79	63,61
Rentabilité de l'exploitation (%)		49,25	56,76	52,10	38,88
Productivité physique du travail	kg/hj	50,68	113,72	105,69	50,74
Productivité du capital	Kg/Fcfa	0,0074	0,0098	0,0080	0,0070
Productivité de la main d'œuvre		5,61	9,80	9,04	4,00

Source : Enquêtes 2011-2012

Tableau LIX. Compte d'exploitation de la production de la grande morelle par période à l'hectare

	Unité	Période 1	Période 2	Période 3	Période 4	Période 5
Rendement	Kg/ha	15900,48	17576,70	18050,39	18142,86	15833,33
Prix de vente	Fcfa/ha	3773684	4519317	4643411	4476190	4166667
Coût de semences	Fcfa/ha	181966	0	0	0	0
Coût d'insecticides	Fcfa/ha	288251	252150	236085	195691	150000
Coût de fongicides	Fcfa/ha	77736	70481	69434	73133	83333
Coût d'engrais chimiques	Fcfa/ha	254232	246406	247082	231293	233333
Coût d'engrais organiques	Fcfa/ha	411350	398792	401154	387224	433333
Coût de carburant	Fcfa/ha	240552	216006	264434	226984	111098
Consommation intermédiaire	Fcfa/ha	1436062	1081160	1109520	1045734	1066667
Valeur ajoutée	Fcfa/ha	2354288	3438157	3533890	3430456	3100000
Main-d'œuvre	hj/ha	301,77	224,3	212,79	242,85	300
Coût de la main d'œuvre	Fcfa/ha	761982	624276	579444	682341	816667
Résultat brut d'exploitation	Fcfa/ha	1592306	2813881	2954447	2748115	2283333
Amortissement	Fcfa/ha	199279	196493	204916	212749	250000
Résultat net d'exploitation	Fcfa/ha	1393027	2617388	2749531	2535366	2033333
Ratios						
VA/CI		1,68	3,21	3,21	3,30	2,91
Rentabilité des capitaux engagés (%)		19,60	157,57	168,63	163,69	108,93
Rentabilité de l'exploitation (%)		36,91	57,92	59,21	56,64	48,8
Productivité physique du travail	kg/hjr	59,94	87,40	95,09	84,05	52,78
Productivité du capital	Kg/Fcfa	0,0025	0,0105	0,0110	0,0115	0,0085
Productivité de la main d'œuvre		5,53	8,40	9,14	7,78	5,10

Source : Enquêtes 2011-2012

8.4.2.2. Productivité du facteur capital

La productivité physique moyenne du capital est de 0,0078 Kg/Fcfa. Un franc de capital produit 0,0078 kg de feuilles fraîches de grande morelle. La productivité physique du capital est plus faible à Houéyiho comparée aux autres sites de production (Tableau LVII). Mais cette différence n'est pas significative ($p=0,1176$). La productivité physique du facteur capital est plus élevée au niveau des systèmes d'irrigation motorisée S2 et S3 (Tableau LVIII). L'investissement accroît la productivité dans la production de grande morelle. Cette productivité croît à partir de la période 2 puis décroît à la quatrième période (Tableau LIX).

Une unité du capital produit 1,956 Fcfa (Tableau LVI). Aucune différence significative n'a été observée entre sites au niveau de la productivité en valeur du capital ($p=0,3076$).

8.4.2.3. Productivité du facteur travail

Un homme-jour produit en moyenne 76,14 kg de feuilles fraîches de grande morelle par cycle de production (Tableau LVII). Cette productivité physique du travail est plus élevée à Sèmè-kpodji (85,39 Kg/Hjr) ($p=0,0042$). Elle est plus élevée dans les systèmes 2 et 3. La grande majorité des producteurs de Sèmè-kpodji utilise les systèmes d'irrigation motorisée et consomme moins en main d'œuvre. La productivité physique du travail est plus élevée au cours des périodes 2, 3 et 4. Ceci se justifie par le fait que la première période est plus exigeante en main d'œuvre. Un homme-jour produit en moyenne 16351,152 Fcfa de grande morelle par période (Tableau LVI). La productivité en valeur du travail est légèrement plus élevée à Sèmè-kpodji ($p=0,1140$) et plus élevée dans les systèmes de culture 2 et 3 (Tableaux LVII et LVIII).

La productivité de la main d'œuvre est de 6,17 ce qui veut dire qu'un franc dépensé en main d'œuvre rapporte un chiffre d'affaire de 6,17 Fcfa. Aucune différence significative n'a été observée entre sites au niveau de la productivité de la main d'œuvre ($p=0,1050$).

8.4.3. Rentabilité de la production

La valeur ajoutée moyenne de la production de grande morelle est 2930182 Fcfa/ha. Le résultat net d'exploitation est en moyenne de 1230,34 Fcfa par planche de 6 m² par cycle, soit 2050571 Fcfa à l'hectare (Tableaux LVII et LX). Il est plus élevé dans les systèmes de culture 2 et 3 et au cours des périodes 2, 3 et 4 (Tableaux LVIII, LIX). Les systèmes de production utilisant l'irrigation motorisée sont plus rentables financièrement.

Les rapports VA/CI sont supérieurs à 1 pour tous les systèmes de production, périodes ainsi que pour tous les sites de production. Un franc dépensé en intrants dégage une valeur ajoutée supérieure à 1 Fcfa (Tableaux LVII, LVIII et LIX).

La rentabilité des capitaux engagés dans la production est en moyenne de 95,62%, donc un franc dépensé dans la production de grande morelle dégage un bénéfice de 0,956 Fcfa en moyenne. Ces bénéfices sont respectivement de 0,899 ; 1,019 et 1,023 Fcfa à Houéyiho, Sèmè-kpodji et à Ouidah pour 1 fcfa dépensé, mais la différence observée n'est pas significative ($p=0,3076$) (Tableau LVII).

La rentabilité moyenne de l'exploitation (taux de marge) est de 48,83 %, donc un franc de chiffre d'affaire dégage un bénéfice de 0,488 Fcfa. Elle est moins élevée à Houéyiho (47,34%) comparée aux autres sites de production, mais la différence observée n'est pas significative ($p=0,351$).

Tableau LX. Moyennes des résultats de l'exploitation de grande morelle par planche selon les sites

Variables	Houéyiho		Sèmè-kpodji		Ouidah		Ensemble	
	Ecart-		Ecart-		Ecart-		Ecart-	
	Moyenne	type	Moyenne	type	Moyenne	type	Moyenne	type
PTV (Fcfa)	2525,05	371,10	2491,92	385,16	2537,18	391,43	2519,60	378,74
CI (Fcfa)	772,83	139,03	759,93	130,03	736,08	133,94	761,49	136,17
VA (Fcfa)	1752,22	421,84	1731,99	422,75	1801,10	415,50	1758,11	419,70
RBE (Fcfa)	1321,13	518,02	1362,34	512,16	1397,95	532,23	1348,34	519,49
Amortissement (Fcfa)	125,59	47,73	104,54	39,96	115,05	46,31	118,00	46,32
RNE (Fcfa)	1195,54	518,45	1257,80	511,14	1282,89	540,05	1230,34	521,96
VA/CI	2,26	0,88	2,28	0,84	2,44	0,83	2,31	0,86

PTV=Produit total en

valeur

CI=Consommations

intermédiaires

VA=Valeur ajoutée

RBE=Résultat brut

d'exploitation

RNE=Résultat net

d'exploitation

Source : Enquêtes

2011-2012

8.5. Evaluation de l'efficacité des producteurs

8.5.1. Estimation de l'efficacité technique

L'estimation des paramètres de la fonction de production frontière translogarithmique a été effectuée avec la méthode de maximum de vraisemblance sur données en panel, ceci à cause de la spécificité de la spéculon étudiée qui peut être récoltée en plusieurs cycles de production. Le modèle est globalement significatif ($p < 0,001$).

Les résultats montrent que μ n'est pas statistiquement différent de zéro (Tableau LXI). Ceci traduit que les termes d'efficacité suivent une distribution normale tronquée. La présence d'inefficacité ou non a été analysée à travers les paramètres σ^2 et γ . Le paramètre σ est statistiquement différent de zéro au seuil de 1%. Ceci traduit la présence d'inefficacité dans la production de grande morelle au niveau des sites de production étudiés. Le paramètre γ est statistiquement différent de zéro au seuil de 1%. La présence d'inefficacité dans la production de grande morelle est due pour une grande part aux producteurs car σ^2_{μ} représente 89% de σ^2 , seules 11% des inefficacités sont dues aux paramètres environnementaux (température, humidité...) qui ne sont pas sous le contrôle des producteurs. Le paramètre η est statistiquement différent de zéro au seuil de 1% et positif. L'inefficacité technique des producteurs décroît dans le temps. La production de morelle des exploitations est négativement corrélée à la quantité de main d'œuvre et engrais chimiques (urée). Ceci traduit une sur-utilisation de ces inputs. La production est positivement corrélée à la quantité de semences. La production peut être augmentée par une augmentation de la quantité de semences car certains producteurs n'utilisent pas l'espace de façon efficiente. Les coefficients des interactions $L_{qinsect} * L_{qmo}$, $L_{qmo} * L_{qengorg}$ et $L_{qengchim} * L_{qengorg}$ sont statistiquement différents de zéro respectivement avec $p < 0,05$; $p < 0,01$ et $p < 0,05$ et positifs. La main d'œuvre et l'engrais organique d'une part, l'engrais chimique et l'engrais organique d'autre part, et enfin l'utilisation d'insecticide et la main d'œuvre sont substituables.

Tableau LXI. Paramètres estimés de la fonction stochastique translogarithmique de production

Variables	Description	Coefficients	Erreurs standard
Lqinsect	Quantité d'insecticide utilisée (L/ha)	4,635	3,283
Lqfongi	Quantité de fongicide utilisée (Kg/ha)	1,772	4,508
Lqmo	Quantité de main d'oeuvre utilisée (Hjr/ha)	-4,282***	1,426
Lqsem	Quantité de semences utilisée (Kg/ha)	41,461**	16,737
Lqengchim	Quantité d'engrais chimiques utilisée (Kg/ha)	-64,713***	10,202
Lqengorg	Quantité d'engrais organiques utilisée (Kg/ha)	0,264***	0,057
Lqinsect2	Carré de la quantité d'insecticides utilisée	0,076	0,081
Lqfongi2	Carré de la quantité de fongicides utilisée	0,196***	0,044
Lqmo2	Carré de la quantité de main d'oeuvre utilisée	-0,116***	0,026
Lqsem2	Carré de la quantité de semences utilisée	-8,451***	2,648
Lqengchim2	Carré de la quantité d'engrais chimiques utilisée	4,258***	0,603
Lqengorg2	Carré de la quantité d'engrais organiques utilisée	-0,668***	0,222
Lqinsect*Lqfongi	Interactif quantités d'insecticides et quantité de fongicides	-0,178*	0,096
Lqinsect*Lqmo	Interactif quantités d'insecticides et quantités de main d'œuvre	0,200**	0,079
Lqinsect*Lqsem	Interactif quantités d'insecticides et quantités de semences	-1,522*	0,794
Lqinsect*Lqengchim	Interactif quantités d'insecticides et quantité d'engrais chimiques	-1,617***	0,305
Lqinsect*Lqengorg	Interactif quantités d'insecticides et quantité d'engrais organiques	0,474	0,290
Lqfongi*Lqmo	Interactif quantités de fongicides et quantités de main d'œuvre	-0,176**	0,076
Lqfongi*Lqsem	Interactif quantités de fongicides et quantités de semences	-0,445	1,337
Lqfongi*Lqengchim	Interactif quantités de fongicides et quantités d'engrais chimiques	0,265	0,218
Lqfongi*Lqengorg	Interactif quantités de fongicides et quantités d'engrais organiques	-0,344	0,458
Lqmo*Lqsem	Interactif quantités de main d'œuvre et quantités de semences	-0,195	0,821
Lqmo*Lqengchim	Interactif quantités de main d'œuvre et quantités d'engrais chimiques	-0,522**	0,205
Lqmo*Lqengorg	Interactif quantités de main d'œuvre et quantités d'engrais organiques	0,869***	0,191
Lqsem*Lqengchim	Interactif quantités de semences et quantités d'engrais chimiques	-7,880**	3,744
Lqsem*Lqengorg	Interactif quantités de semences et quantités d'engrais organiques	1,333	2,859
Lqengchim*Lqengorg	Interactif quantités d'engrais chimiques et quantités d'engrais organiques	1,408**	0,563
Constante		225,647***	33,548
μ		0,368	0,035
$\cdot\eta$		0,029***	0,011
$\cdot\sigma^2$		4,981***	0,124
$\cdot\gamma$		2,109***	0,194
Log de vraisemblance		432,22	
Khi-deux		548,46***	
Nombre d'observations		283	
Nombre d'exploitation		126	
Période			
Moyenne		2,2	
Maximum		5	
Minimum		1	

*, **, *** indiquent significativement différent de zéro respectivement au seuil de 1%, 5% et 10%

Source : Enquêtes 2011-2012

8.5.2. Estimation de l'efficacité allocative

Pour estimer l'efficacité allocative, la fonction de coût dual de type Cobb-Douglas a été utilisée pour les problèmes de convergence.

Le paramètre σ^2 est statistiquement différent de zéro au seuil de 1% (Tableau LXII). Ceci traduit la présence d'inefficacité dans l'allocation. Le paramètre γ est statistiquement différent de zéro au seuil de 1%. La présence d'inefficacité dans l'allocation des facteurs de production de grande morelle dans les sites étudiés est due pour une grande part aux producteurs car σ^2_μ représente 69% de σ^2 , 31% des écarts sont dues aux effets aléatoires. Le paramètre η n'est pas statistiquement différent de zéro, ce qui traduit que les inefficacités dans l'allocation ne varient pas en fonction des périodes.

Tableau LXII. Paramètres estimés de la fonction Cobb-Douglas de coût dual

Variables	Description	Coefficients	Erreurs standard
Lrend	Rendement de morelle (Kg/ha)	-0,269***	0,055
Lpinsect	Prix unitaire d'insecticide (Fcfa)	0,048	0,036
Lpfongi	Prix unitaire de fongicide (Fcfa)	-0,160	0,100
Lpmo	Prix unitaire de la main d'oeuvre (Fcfa)	-0,233*	0,135
Lpsem	Prix unitaire de semences (Fcfa)	0,054***	0,001
Lpengchim	Prix unitaire d'engrais chimiques (Fcfa)	0,491***	0,112
Lpengorg	Prix unitaire d'engrais organiques (Fcfa)	0,797***	0,290
Constante		-63,634	209,366
μ		77,751	209,358
$\cdot\eta$		0,0002	0,0006
$\cdot\sigma^2$		-4,821***	0,107
$\cdot\gamma$		0,821***	0,201
Log de vraisemblance		337,331	
Khi-deux		569,47***	
Nombre d'observations		283	
Nombre d'exploitation		126	
Période			
Moyenne		2,2	
Maximum		5	
Minimum		1	

*, **, *** indiquent significativement différent de zéro respectivement au seuil de 1%, 5% et 10%

Source : Enquêtes 2011-2012

Une augmentation du coût de la main d'œuvre salariée amène les producteurs à utiliser de la main d'œuvre familiale, ce qui diminue les coûts de production. Une variation des prix unitaires de semences et engrais chimiques entraîne une variation significative du coût de production. Les exploitations ayant des rendements plus élevés ont des coûts moyens plus faibles. Ceci peut s'expliquer par le fait que certains producteurs n'utilisant pas de main d'œuvre familiale emploient des travailleurs moins efficaces techniquement dans conduite de l'exploitation ou que ces travailleurs emportent une partie des récoltes.

8.5.3. Efficacité économique

Une exploitation économiquement efficace est celle qui utilise de façon optimale ses intrants pour maximiser son rendement (efficacité technique) et alloue ses ressources financières de façon à minimiser les coûts de production (efficacité allocative). Une exploitation efficace doit avoir un score proche de l'unité (100%). La moyenne des efficacités technique, allocative et économique sont respectivement de 0,689 ; 0,882 et 0,607 sur l'ensemble des sites (Tableau LXIII). Les efficacités technique et économique sont plus faibles à Houéyiho par rapport aux autres sites ($P < 0,1$). Environ 30,95% des producteurs ont une efficacité technique supérieure ou égale à 0,7. Presque tous les producteurs ont une efficacité allocative supérieure ou égale à 0,7. La minorité (5,55% des producteurs) a une efficacité économique supérieure ou égale à 0,7.

Tableau LXIII. Caractéristiques descriptives et distribution de fréquence des indices d'efficacité des producteurs dans la production de la grande morelle

Efficacités	Houéyiho (%)			Sèmè-kpodji (%)			Ouidah (%)			Ensemble (%)		
	ET	EA	EE	ET	EA	EE	ET	EA	EE	ET	EA	EE
[0,4 ; 0,5[	0,00	0,00	2,98	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	3,57	0,00	0,00	2,38
[0,5 ; 0,6[	4,47	0,00	49,25	9,68	0,00	45,16	0,00	0,00	28,57	4,76	0,00	43,65
[0,6 ; 0,7[	68,65	1,49	44,78	61,29	0,00	45,16	57,14	0,00	60,71	64,28	0,79	48,41
[0,7 ; 0,8[	20,89	2,98	2,98	22,58	0,00	6,45	42,86	3,57	7,14	26,19	2,38	4,76
[0,8 ; 0,9[	4,47	64,18	0,00	3,22	48,39	3,22	0,00	50,00	0,00	3,17	57,14	0,79
[0,9 ; 1]	1,49	31,34	0,00	3,22	51,61	0,00	0,00	46,43	0,00	1,59	39,68	0,00
Moyenne	0,684	0,875	0,598	0,691	0,892	0,615	0,699	0,887	0,621	0,689	0,882	0,607
Ecart-type	0,055	0,057	0,056	0,070	0,057	0,063	0,031	0,065	0,057	0,055	0,059	0,058
Minimum	0,551	0,668	0,454	0,546	0,806	0,525	0,645	0,700	0,479	0,546	0,668	0,454
Maximum	0,916	0,983	0,766	0,976	0,970	0,829	0,797	0,980	0,738	0,976	0,983	0,829

ET=Efficacité technique, EA=Efficacité allocative, EE=Efficacité économique

Source : Enquêtes 2011-2012

L'efficacité technique est légèrement plus élevée au niveau des systèmes S1, S2 et S3, mais la différence observée n'est pas statistiquement significative (Kruskal Wallis=0,2466 ; $p=0,9697$). Ces systèmes utilisent à la fois des pesticides chimiques et biopesticides (LASER 480SC). Aucune différence significative dans l'efficacité technique n'a été observée entre les producteurs utilisant de biopesticides et ceux ne l'utilisant pas (Mann Withney=1675 ; $p=0,4068$). Les producteurs utilisant les systèmes S2 et S3 (systèmes d'irrigation motorisée) sont les plus efficaces allocativement et économiquement ($p=0,001$) (Tableau LXIV). Ces producteurs emblavent en général des superficies plus élevées et achètent de grandes quantités d'intrants dont les coûts moyens reviennent moins chers.

Tableau LXIV. Moyennes des indices d'efficacité par système de production

Efficacités	S1	S2	S3	S4
Efficacité technique				
Moyenne	0,688	0,692	0,688	0,687
Ecart-type	0,029	0,069	0,041	0,071
Efficacité allocative				
Moyenne	0,877	0,932	0,919	0,887
Ecart-type	0,069	0,042	0,045	0,048
Efficacité économique				
Moyenne	0,603	0,645	0,632	0,609
Ecart-type	0,052	0,073	0,041	0,060

Source : Enquêtes 2011-2012

8.6. Déterminants des efficacités dans la production

Les résultats d'estimation des modèles Tobit sont présentés dans le tableau LXV. Les modèles sont globalement significatifs au seuil de 1%.

L'âge du producteur, la superficie emblavée, la part de contribution de la morelle dans le revenu, le niveau d'instruction et la formation en maraîchage sont les principaux déterminants des efficacités technique, allocative et économique des producteurs de grande morelle.

L'âge du producteur est négativement corrélé à l'efficacité technique, ceci traduit que les producteurs les plus âgés sont techniquement moins efficaces que les plus jeunes. Les coefficients de la variable superficie dans les modèles d'analyse de déterminants des

efficacités allocative et économique sont positifs et significatifs. L'efficacité allocative et celle économique augmentent avec la taille de la superficie emblavée. Le coefficient de la variable « part de revenu » est positif et significatif dans les modèles d'analyse de déterminants des efficacités technique et économique. Plus la grande morelle contribue au revenu annuel du producteur, plus celui-ci est plus efficace techniquement et économiquement dans sa production. Les niveaux d'instruction secondaire et supérieure sont négativement et significativement corrélés à l'efficacité économique. Les producteurs ayant atteint le niveau secondaire et supérieur sont moins efficaces économiquement que ceux non instruits. Ceci s'explique par le fait qu'ils ont d'autres activités et consacrent moins d'énergies à la production. La variable « formation » est positivement et significativement associée à l'efficacité allocative. Les producteurs ayant reçu une formation dans la production ont une efficacité allocative plus élevée que les autres. Ceci est justifié par le fait que ces producteurs ont reçu des rudiments en matière de gestion financière de leur exploitation.

Tableau LXV. Facteurs déterminant les niveaux d'efficacité des producteurs dans la production de la grande morelle

Variables	Descriptions	Efficacité technique		Efficacité allocative		Efficacité économique	
		Coef	Er-std	Coef	Er-std	Coef	Er-std
Age	Age du producteur	-0,0009*	5E-04	0,0003	0,0006	-6E-04	0,0005
Expe	Expérience du producteur	0,0008	0,0006	0,0005	0,0007	0,0098	0,0006
Sup	Superficie (m²)	-0,00003	0,00004	0,0002***	0,00004	0,00009**	0,00004
Partrev	Part de la morelle dans le revenu	0,283***	0,060	-0,057	0,067	0,206***	0,062
nivinstr2	Primaire	-0,0047	0,0132	-0,01	0,0145	-0,01	0,0134
nivinstr3	Secondaire	-0,0129	0,0139	-0,027*	0,0154	-0,03**	0,0142
nivinstr4	Supérieur	-0,034	0,030	-0,027	0,0334	-0,053*	0,0308
site2	Ouidah	0,0098	0,0127	0,016	0,014	0,0212	0,0129
site3	Sèmè-kpodji	0,0037	0,0127	-0,014	0,0141	-0,006	0,0130
forma2	Formation au maraîchage (oui=1)	-0,0007	0,0127	0,0268*	0,014	0,0168	0,0129
membop2	Membre d'une organisation de producteurs (oui=1)	-0,0095	0,0196	0,0171	0,0217	0,007	0,0199
concecpa2	Contact et conseil du CeRPA (oui=1)	0,0127	0,0121	-0,007	0,0134	0,0044	0,0123
sexe2	Sexe du producteur (Homme=1)	-0,0171	0,0144	0,0016	0,0159	-0,014	0,0147
Const		0,646***	0,030	0,831***	0,034	0,531***	0,0309
Pseudo-R²		0,30		0,3425		0,3876	
-2Log de vraisemblance		205,94		193,32		203,48	
LR Khi-deux		37,38***		30,15***		48,16***	

*, **, *** indiquent significativement différent de zéro respectivement au seuil de 1%, 5% et 10%

Source : Enquêtes 2011-2012

8.7. Discussion

8.7.1. Analyse de la productivité et de la rentabilité de la production

8.7.1.1. Productivité des facteurs de production

Le rendement de la grande morelle est de 16916, 10 Kg/ha. Les valeurs plus élevées à Sèmè-kpodji peuvent s'expliquer par une bonne fertilisation et une bonne gestion des ravageurs par les producteurs de ce site. Concernant la productivité en valeur de la terre, elle est légèrement moins faible à Sèmè-kpodji par rapport aux autres sites. Ceci est dû au fait que les producteurs de l'ensemble des sites ne vendent pas leur production de grande morelle au kilogramme, mais au prix de la planche qui est fixé en fonction de la beauté des plants, de la densité des feuilles et aussi des caractéristiques du marché (Assogba-Komlan *et al.*, 2007 ; Broutin *et al.*, 2005). Le rendement est plus élevé au niveau des systèmes de production utilisant motopompe et tourniquet. L'utilisation de motopompe et tourniquet dans l'irrigation assure un arrosage suffisant des plantes en eau, leur permettant une bonne croissance. Le rendement est moins élevé en première période puisque les feuillages des plants de morelle sont souvent moins abondants en période 1 comparée aux autres périodes.

La main d'œuvre est plus productive dans les systèmes motorisés d'arrosage puisque l'investissement permet de réduire la quantité de main d'œuvre pour un même niveau de production (Kane, 2010).

8.7.1.2. Rentabilité de la production

Les coûts en produits phytosanitaires peuvent avoisiner 30% des coûts de production et dépend de l'intensité de l'infestation ou de l'attaque des nuisibles. Les coûts de la main d'œuvre sont plus élevés à Houéyiho qu'à Ouidah et à Sèmè-kpodji. Ceci se justifie par le fait que le site de Houéyiho se situe au cœur de la ville de Cotonou, capitale économique du Bénin et que la main d'œuvre agricole est rare en milieu urbain. La rareté de la main d'œuvre agricole urbaine lui confère son coût élevé. Les consommations intermédiaires sont plus élevées en période 1 comparées aux autres périodes. En premier cycle, la production de grande morelle consomme plus en fertilisants chimiques et organiques ainsi qu'en pesticides. L'usage important des fertilisants permet la croissance rapide des plants et l'élargissement des feuilles. Quant aux pesticides, leur usage plus important en premier cycle permet de lutter contre les nuisibles et maladies qui entravent la croissance des jeunes plants qui sont plus

vulnérables. Les coûts de confection de planches et semis, de semences sont également pris en compte dans le premier cycle.

La valeur ajoutée moyenne de la production de grande morelle est de 2930182 Fcfa à l'hectare en une récolte. Cette valeur ajoutée est supérieure à celles trouvées au niveau de la production d'oignon (*Allium cepa*), de piment (*Capsicum annum*) et de tomate (*Solanum lycopersicum*) dans la vallée du Niger au nord du Bénin (Tiamiyou et Sodjinou, 2003). Le résultat net d'exploitation est en moyenne de 1230,34 Fcfa par planche de 6 m², soit 2050571 Fcfa à l'hectare à la récolte. Il est plus élevé dans les systèmes de production utilisant motopompes pour arrosage (S2 et S3) et au cours des périodes 2, 3 et 4. Les systèmes de production motorisés dégagent un résultat net d'exploitation supérieur à ceux utilisant l'arrosage manuel comme irrigation. Les producteurs feraient plus de profit, s'ils récoltaient plus d'une fois la grande morelle. Le résultat net d'exploitation moyen est supérieur à ceux trouvés par Tiamiyou et Sodjinou (2003), mais inférieur à ceux trouvés par Simeni Tchuinte (2005) sur les cultures traditionnelles dans les zones urbaines et périurbaines de Djougou au nord du Bénin et ceux de Padonou (2008) sur la tomate en zone périurbaine du sud- Bénin.

Les rapports VA/CI sont supérieurs à 1 pour tous les systèmes, périodes ainsi que pour l'ensemble des sites de production. Ces mêmes résultats sont retrouvés dans les travaux de Tiamiyou et Sodjinou (2003) au niveau de la production de tomate, de piment et de gombo.

La rentabilité des capitaux engagés dans la production est en moyenne de 95,62%, donc un franc dépensé dans la production de morelle dégage un bénéfice de 0,956 Fcfa en moyenne. Ces bénéfices sont respectivement de 0,899 ; 1,019 et 1,023 Fcfa à Houéyiho, Sèmè-kpodji et à Ouidah pour 1 fcfa dépensé. Ces valeurs sont légèrement en dessous de celles trouvées par Tiamiyou et Sodjinou (2003) sur l'étude des spéculations de tomate, piment et gombo dans la vallée du Niger au nord du Bénin. Les systèmes motorisés (S2 et S3) sont plus rentables que les systèmes d'arrosage manuel (S1 et S4). L'investissement en nouvelles technologies d'irrigation assure au producteur une rentabilité plus élevée. La rentabilité moyenne de l'exploitation ou taux de marge est de 48,83% donc un franc de chiffre d'affaire dégage un bénéfice de 0,488 Fcfa. Ces résultats viennent corroborer ceux de Atidéglà (2006) qui rapporte que le système de forage et d'arrosage motorisé permet une application plus efficace de l'eau d'irrigation et contribue à réduire sensiblement le gaspillage des ressources en eau. Ce système permet d'assurer la durabilité sociale en réduisant la

pénibilité du travail, et la durabilité environnementale en limitant les créations de gîtes larvaires de culicidés, vecteurs de maladies transmissibles.

8.7.2. Analyse de l'efficacité des producteurs

La moyenne des efficacités technique, allocative et économique étant respectivement de 0,689 ; 0,882 et 0,607. Une réduction de 31,1% de l'usage des facteurs et de 11,8% de l'allocation assurera aux maraîchers une production optimale et un profit maximum.

L'inefficacité technique des producteurs décroît dans le temps. Du premier cycle au 4^{ème} cycle de production, l'efficacité des producteurs augmente. Ceci justifie la rentabilité plus élevée au niveau des périodes ou cycles 2, 3 et 4. La main d'œuvre et les engrais chimiques sont sur-utilisés. Ces mêmes résultats sont retrouvés par Arouna *et al.* (2010) dans la production d'anacarde au Bénin. Une réduction des quantités de ces facteurs va augmenter le profit des producteurs. De même la production peut être augmentée par une augmentation de la quantité de semences ou une utilisation plus rationnelle de l'espace. Les résultats de l'étude sont en accord avec ceux obtenus par Singbo et Lansink (2010) qui concluent que les maraîchers n'utilisent pas les engrais chimiques et semences de façon optimale. Les quantités utilisées d'insecticides sont positivement corrélées à la production, mais pas significatives. Ceci pourrait s'expliquer par le fait que la grande morelle est attaquée ces derniers temps par des acariens rouges (*Tetranychus evansi*) résistants aux pesticides couramment utilisés (Martin, UPR Hortsys-CIRAD, Unpublished data). La recherche d'alternatives biologiques (biocontrol) aux pesticides chimiques pour le contrôle de ces acariens pourrait améliorer le rendement de la production et réduire les risques sanitaires et environnementaux de l'usage des pesticides de synthèse (Ton *et al.*, 2000 ; Ahouangninou *et al.*, 2012a).

8.7.3. Analyse des déterminants des efficacités de la production

Les producteurs les moins âgés sont techniquement plus efficaces. Ces résultats sont en désaccord avec ceux de Kane (2010) sur les exploitations familiales agricoles au Camérout, mais confirment ceux obtenus par Ogundari (2008) dans la production du riz au Nigeria. Ces résultats sont aussi en accord avec ceux de Coelli et Fleming (2004). Pour ces auteurs, les plus jeunes sont plus disposés à accepter les nouvelles technologies et la vulgarisation. Cela peut aussi s'expliquer par le fait que les producteurs les plus âgés passent moins de temps sur leurs exploitations comparativement aux plus jeunes. L'efficacité allocative et celle économique augmentent avec la taille de la superficie emblavée. Les

producteurs exploitant de grandes superficies achètent d'importantes quantités d'intrants, les prix de ces derniers leur reviennent moins chers comparés aux prix de petites quantités. Elles utilisent aussi le plus souvent des systèmes d'irrigation motorisés moins consommateurs en main d'œuvre agricole. Ces résultats corroborent ceux de Albouchi *et al.* (2005). Selon ces auteurs, les petites exploitations ne se permettent pas d'investir dans la construction de puits, contrainte limitant dans la production dans le bassin versant de Merguellil. La part de contribution de la grande morelle au revenu annuel est positivement corrélée aux niveaux des efficacités technique et économique. Plus la morelle contribue au revenu annuel du producteur, plus celui-ci est plus efficace techniquement et économiquement dans sa production. Ceci est conforme aux résultats de Arouna *et al.* (2010) qui ont montré que les producteurs les plus efficaces sont ceux qui tirent la grande partie de leur revenu dans l'anacarde. Concernant le niveau d'instruction, les producteurs ayant atteint le niveau secondaire et supérieur sont moins efficaces économiquement que ceux non instruits. Les producteurs ayant atteint le niveau secondaire n'ont souvent pas la production maraîchère comme seule activité. La diversification de leurs activités les amène à moins consacrer du temps à la production de la grande morelle et confier les activités de production à leurs employés. Les maraîchers ayant reçu une formation dans la production ont une efficacité allocative plus élevée que les autres. Ceci peut s'expliquer par le fait que ces derniers ont été formés à la gestion financière de leurs exploitations et s'informent plus sur les coûts d'intrants et utilisent moins de main d'œuvre.

L'expérience des maraîchers dans la production de la grande morelle est positivement corrélée aux niveaux d'efficacité mais non significatif. Les études de Arouna *et al.* (2010) et de Singbo et Lansink (2010) ont trouvé une corrélation significative entre niveaux d'efficacité et expériences respectives des producteurs d'anacarde et de légumes. L'expérience des producteurs influencerait donc l'efficacité des producteurs. Les producteurs ayant contact avec les agents du CeRPA sont plus efficaces que ceux n'ayant pas de contact avec des agents de vulgarisation agricole, mais cette différence n'est pas significative. Les travaux de Arouna *et al.* (2010) ont trouvé une association significative entre contact avec le CeRPA et efficacité. Les différences observées avec les résultats de ces auteurs pourraient s'expliquer par le fait que la grande morelle au cours des dernières années est fortement attaquée par les acariens devenus résistants à certains insecticides couramment utilisés. L'expérience professionnelle et le contact avec les agents du CeRPA sont devenus insuffisants pour accroître la performance des producteurs. La recherche des moyens de lutte efficaces contre ces acariens suivie de

contacts réguliers des producteurs avec les agents de vulgarisation agricole peut combler ces niveaux d'inefficacité observés chez les producteurs. Une étude en cours à l'unité Hortsys du CIRAD traite actuellement de la diversité écologique de ces acariens attaquant la grande morelle et de la recherche des moyens de lutte efficacement durable au sud du Bénin.

8.8. Conclusion

A travers ce chapitre, la rentabilité et les efficacités technique, allocative et économique des maraîchers dans la production de grande morelle (*Solanum macrocarpon*) ont été analysées dans trois sites de production en zone urbaine et périurbaine du sud-Bénin afin de déterminer les voies par lesquelles la productivité peut être améliorée en utilisant de façon efficiente les ressources. Les résultats obtenus montrent que la production de grande morelle au sud du Bénin est rentable. Un franc (1 Fcfa) de capital engagé dégage 0,956 Fcfa. Les différences observées au niveau de la rentabilité des capitaux entre sites ne sont pas significatives. Les facteurs main d'œuvre et engrais chimique ne sont pas utilisés de façon optimale par les producteurs, ce qui entraîne des inefficacités dans la production. Les niveaux d'efficacités technique, allocative et économique sont respectivement de 0,689 ; 0,882 et 0,607. Une réduction de 31,1% de l'usage des facteurs et de 11,8% de l'allocation financière assurera aux maraîchers une production optimale et un profit maximum. L'âge du producteur, la superficie emblavée, la part de contribution de la morelle dans le revenu, le niveau d'instruction et la formation en maraîchage sont les principaux déterminants de l'efficacité des producteurs de grande morelle. Pour améliorer l'efficacité des producteurs et augmenter leur profit, il faudrait renforcer leur encadrement technique et aussi mettre en place des moyens efficaces de lutte contre les acariens.

CHAPITRE 9 : Analyse des efficacités
technique, allocative, économique et de la
rentabilité dans la production du chou
pommé (*Brassica oleracea*) au sud du
Bénin

Chapitre 9 : Analyse des efficacités technique, allocative, économique et de la rentabilité dans la production du chou pommé (*Brassica oleracea*) au sud du Bénin

Le chou pommé (*Brassica oleracea*) est un légume-feuille exotique cultivé au Bénin pour ses valeurs nutritives. En effet, les feuilles de chou contiennent des glucides, protéines et divers éléments essentiels tels que le calcium, le fer, la vitamine C et de l'eau (James *et al.*, 2010). Elle nécessite un important apport en azote et potassium pour sa croissance.

La production de chou est limitée par un certain nombre de facteurs dont les majeurs sont les dégâts causés par les ravageurs principalement les chenilles dont la teigne du chou (*Plutella xylostella*), *Hellula undalis*, mais aussi les pucerons (faux puceron de chou : *Lipaphys erysimi*) et les maladies fongiques et bactériennes (James *et al.*, 2010). Les maladies les plus fréquentes sont celles causées par la bactérie *Xanthomonas campestris* qui cause des lésions en forme de V et des pourritures sur les feuilles et le champignon *Sclerotinia sclerotiorum*. Ce dernier provoque des taches aqueuses circulaires sur les feuilles. Les parties atteintes se couvrent d'un duvet fongique blanc et les tissus sont endommagés et deviennent mous et aqueux. Selon le CORAF (2010), la teigne de chou (*Plutella xylostella*) devient de plus en plus résistante à une large gamme de pesticides de synthèse couramment utilisés. En 2011, les producteurs de chou ont été confrontés à des pertes importantes de rendement dues à des pourritures et maladies (Assogba-Komlan, 2011). Ils utilisent divers produits phytosanitaires et moyens de lutte pour venir à bout de ces maladies et rentabiliser leur production.

L'analyse de la performance des maraîchers dans la production de cette spéculature et de ses déterminants est d'une nécessité pour accroître la productivité et le profit tiré de sa production. La performance dans la production ne dépend pas non seulement des traitements phytosanitaires ou la lutte contre les nuisibles, mais aussi de l'allocation des ressources financières et de comment chaque unité de production combine les différents facteurs dans le processus de production. Certains travaux sur les efficacités des producteurs maraîchers au Bénin ont été rapportés dans la littérature (Singbo et Lansink, 2010 ; Arouna et Dabbert, 2009).

L'objectif de ce chapitre est d'estimer les efficacités des producteurs et d'identifier leurs déterminants dans la production du chou pommé au sud du Bénin.

9.1. Systèmes de production et caractéristiques des exploitations

Environ 3/10 des maraîchers produisent du chou pommé sur moins de 180 m², 56,3% produisent sur une superficie variant entre 180 m² et 360 m² (Tableau LXVI). La moyenne des superficies emblavées de chou pommé est de 288,59 ±133,65 m². Les superficies emblavées sont significativement plus élevées à Sèmè-kpodji qu'à Houéyiho et à Ouidah (Kruskal-Wallis=14,98 ; p<0,0006). Quant au mode de faire valoir, 78,9 % utilisent les terres appartenant au domaine public dans le processus de production. Presque la totalité des producteurs de Houéyiho et de Sèmè-kpodji sont concernés par ce mode. A Ouidah, les maraîchers utilisent leurs propriétés ou ont recours au fermage (location). La main d'œuvre moyenne utilisée est de 491,83 ±142,57 Hjr/ha (Tableau LXVII). Elle est moins élevée à Sèmè-kpodji (399,96 Hjr/ha) comparée à Ouidah (516,00 Hjr/ha) et à Houéyiho (525,79 Hjr/ha) (p=0,007).

Dix systèmes de production de chou ont été identifiés:

S1=Variété Cabus+Engrais chimique+Engrais organique+Pesticide chimique+Biopesticide+Arrosage manuel

S2=Variété Cabus+Engrais chimique+Engrais organique+Pesticide chimique+Biopesticide+Motopompe et tourniquet

S3=Variété Cabus+Engrais chimique+Engrais organique+Pesticide chimique+Biopesticide+Motopompe et tuyaux

S4=Variété Cabus+Engrais chimique+Engrais organique+Pesticide chimique+Sans Biopesticide+Arrosage manuel

S5=Variété KK cross+Engrais chimique+Engrais organique+Pesticide chimique+Biopesticide+Arrosage manuel

S6=Variété KK cross+Engrais chimique+Engrais organique+Pesticide chimique+Biopesticide+Motopompe et tuyaux

S7=Variété KK cross+Engrais chimique+Engrais organique+Pesticide chimique+Sans Biopesticide+Arrosage manuel

S8=Variété Tropical cross+Engrais chimique+Engrais organique+Pesticide chimique+Biopesticide+Arrosage manuel

S9=Variété Tropical cross+Engrais chimique+Engrais organique+Pesticide chimique+Biopesticide+Motopompe et tourniquet

S10=Variété Tropical cross+Engrais chimique+Engrais organique+Pesticide chimique+Biopesticide+Motopompe et tuyaux

Les systèmes de production S1, S2, S3, S4 et S10 sont les plus retrouvés chez les producteurs (Tableau LXVI).

Les systèmes S1, S3 et S4 prédominent à Houéyiho et à Ouidah. A Sèmè-kpodji, ce sont les systèmes S1, S2, S3 qui viennent en tête.

Tableau LXVI. Caractéristiques des parcelles dans la production de chou pommé

Variables	Houéyiho		Sèmè-kpodji		Ouidah		Total	
	Nombre	Pourcentage	Nombre	Pourcentage	Nombre	Pourcentage	Nombre	Pourcentage
Superficie (m²)								
[60, 180[	15	39,5	1	5,5	4	26,7	20	28,2
[180, 360[	22	57,9	10	55,6	8	53,3	40	56,3
[360 et plus[	1	2,6	7	38,9	3	20	11	15,5
Mode de faire valoir								
Bien personnel	0	0	0	0	6	40	6	8,4
Domaine public	38	100	18	100	0	0	56	78,9
Héritage	0	0	0	0	1	6,7	1	1,4
Location	0	0	0	0	8	53,3	8	11,3
Systèmes de culture								
Système 1	11	28,9	3	16,7	2	13,3	16	22,5
Système 2	3	7,9	6	33,3	1	6,7	10	14,1
Système 3	6	15,8	4	22,2	4	26,7	14	19,7
Système 4	9	23,7	1	5,5	5	33,3	15	21,1
Système 5	1	2,6	0	0	1	6,7	2	2,8
Système 6	0	0	1	5,5	0	0	1	1,4
Système 7	3	7,9	0	0	0	0	3	4,2
Système 8	2	5,3	0	0	0	0	2	2,8
Système 9	0	0	1	5,5	0	0	1	1,4
Système 10	3	7,9	2	11,1	2	13,3	7	9,8
Total	38	100	18	100	15	100	71	100

Source : Enquêtes 2011-2012

Tableau LXVII. Moyennes et écart-types des variables superficie et main d'œuvre dans la production du chou pommé

Variables	Houéyiho	Sèmè-kpodji	Ouidah	Total
Superficie (m²)				
Moyenne	237,16	390,33	296,80	288,59
Ecart-type	100,38	146,76	126,36	133,65
Main d'œuvre (Hjr/ha)				
Moyenne	525,79	399,96	516,00	491,83
Ecart-type	124,71	151,93	133,74	142,57

Source : Enquêtes 2011-2012

9.2. Contraintes liées à la production de chou pommé

Les classements effectués à l'aide du test de Kendall présentent les maladies dues aux champignons comme étant la contrainte majeure limitant la production de chou pommé au sud du Bénin. Les attaques de ravageurs (pucerons et chenilles) viennent en deuxième rang dans le classement. Le problème de l'eau, de l'accès à la terre, la main d'œuvre, la fertilité des sols, de l'accès aux semences et le coût des intrants sont classés respectivement en 3^{ème}, 4^{ème}, 5^{ème}, 6^{ème}, 7^{ème} et 8^{ème} rang par les producteurs (Tableau LXVIII).

Tableau LXVIII. Hiérarchisation des contraintes dans la production du chou au sud-Bénin

Contraintes	Rang		Test de concordance de Kendall	
	moyen	Ordre		
Ravageurs	1,85	2	N	71
Maladies	1,15	1	W de Kendall	0,985
Accès à l'eau	3,15	3	Khi-deux	489,765
Manque de terre	3,86	4	DI	7
Manque de main d'œuvre	5,01	5	Probabilité	0
Manque de fertilité des sols	5,96	6		
Difficulté d'accès aux semences	7	7		
Coûts élevés des intrants	8	8		

Source : Enquêtes 2011-2012

9.3. Circuits de distribution du chou pommé

Les maraîchers produisent le chou pommé pour la vente (100,0%). En ce qui concerne la commercialisation, la clientèle qui s'adresse aux producteurs est constituée en majorité de revendeuses (95,8%). Seuls 4,2% des clients sont constitués de restaurants ou de consommateurs directs.

9.4. Coûts moyens de production du chou pommé par unité de planche de 6 m²

Les coûts liés à la confection des planches et semis s'élèvent à 100 Fcfa par planche de 6 m² (Tableau LXIX). Le binage et le désherbage coûtent respectivement en moyenne 120,52 et 52,54 Fcfa par planche. L'arrosage constitue à lui seul 48,20 % de la main d'œuvre. Le coût total des opérations revient à une moyenne de 1805 Fcfa par planche. Les coûts moyens d'intrants (semences, insecticides, fongicides, engrais chimiques, engrais organiques) utilisés par planche représentent respectivement 4,21 %, 19,63 %, 4,30 %, 9,53 % et 13,52 % du coût moyen de production (Tableau LXX). Les coûts de la main d'œuvre sont moins élevés à

Sèmè-kpodji qu'à Ouidah et à Houéyiho, mais cette différence n'est pas significative au seuil de 5 % (Kruskal-Wallis=5,513 ; P=0,0635).

Tableau LXXIX. Coûts des opérations dans la production de chou par unité de planche de 6 m²

Variables	Houéyiho		Sèmè-kpodji		Ouidah		Total	
	Moyenne	Ecart-type	Moyenne	Ecart-type	Moyenne	Ecart-type	Moyenne	Ecart-type
Confection de planche+semis	100,00	0,00	100,00	0,00	100,00	0,00	100,00	0,00
Arrosage	424,47	208,48	213,47	207,07	353,89	230,01	356,07	227,46
Binage	120,96	7,67	120,00	2,27E-06	120,00	0,00	120,52	5,60
Désherbage	51,32	5,66	55,56	5,11	52,00	4,14	52,54	5,47
Fertilisation	424,37	24,16	423,14	19,74	428,21	23,77	425,09	22,80
Traitement phytosanitaire	692,54	117,63	553,89	110,54	597,94	67,98	637,41	121,07
Coût de la main d'œuvre	880,57	233,18	667,92	220,36	804,56	250,46	810,60	246,94

Source : Enquêtes 2011-2012

Tableau LXX. Quantités et coûts moyens d'intrants et de chou produit par unité de planche de 6m²

	Unités	Qte moyenne	Prix unitaire (Fcfa)	Coût moyen (Fcfa)
Intrants				
Semences	G	0,253	300,352	75,99
Insecticides	L	0,037	9577,465	354,37
Fongicides	Kg	0,019	4084,51	77,6
Engrais chimiques	Kg	0,45	383,1	172,4
Fientes de volailles	Kg	9,643	25,31	244,06
Extrant				
Chou	Kg	30,36	215,24	6534,74

Source : Enquêtes 2011-2012

9.5. Productivité des facteurs de production

9.5.1. Productivité du facteur terre

La productivité physique du facteur terre (rendement) est de 30360,09 Kg/ha (Tableau LXXI).

Tableau LXXI. Compte d'exploitation de la production du chou pommé par site à l'hectare

	Unité	Houéyiho	Sèmè-kpodji	Ouidah	Total
Produit total en valeur	Fcfa/ha	11029238	11018517	10388883	10891236
Coût de semences	Fcfa/ha	119710	139112	121538	125147
Coût d'insecticides	Fcfa/ha	650969	514403	563555	596531
Coût de fongicides	Fcfa/ha	147020	108333	124734	132275
Coût d'engrais chimiques	Fcfa/ha	276467	300667	299217	287316
Coût d'engrais organiques	Fcfa/ha	403856	412952	406694	406800
Coût de carburant	Fcfa/ha	624562	599792	601852	611090
Consommation					
intermédiaire	Fcfa/ha	1830296	1922576	1792238	1845678
Valeur ajoutée	Fcfa/ha	9198944	9095943	8596520	9045558
Main-d'œuvre	hj/ha	525,79	399,96	516,00	491,83
Coût de la main d'œuvre	Fcfa/ha	223461	165539	215000	206776
Résultat brut d'exploitation	Fcfa/ha	7731327	7982748	7255559	7694561
Amortissement	Fcfa/ha	582840	518673	520741	553453
Résultat net d'exploitation	Fcfa/ha	7148487	7464076	6734854	7141108
Ratios					
VA/CI		5,02	4,73	4,80	4,90
Rentabilité des capitaux engagés		113,40	95,33	110,94	108,30
Rentabilité de l'exploitation		64,34	67,44	64,09	65,07
Productivité physique du travail	kg/hj	57,80	80,39	54,50	61,73
Productivité du capital	Kg/Fcfa	0,0081	0,0070	0,0080	0,0078
Rendement	Kg/ha	30392,11	32155,56	28124,44	30360,09
Productivité de la main d'œuvre		8,36	10,81	8,81	9,08

Source : Enquêtes 2011-2012

La productivité physique du facteur terre est plus élevée à Sèmè-kpodji (32155,56 Kg/ha) qu'à Houéyiho (30392,11 Kg/ha) et à Ouidah (28124,44 Kg/ha), mais cette différence n'est pas significative ($p=0,1508$). Concernant la productivité en valeur de ce même facteur, elle est légèrement moins faible à Ouidah par rapport aux autres sites. La productivité physique du facteur terre est plus élevée au niveau des systèmes produisant la variété cabus (Tableau LXXII).

Tableau LXXII. Compte d'exploitation de la production du chou pommé par système à l'hectare

Système de culture	CI	VA	RBE	RNE	VA/CI	Rcapital	Rexploitation	Ptravail	Pterre
Système 1	1574809	9050019	7305747	6809783	5,746	132,10	63,49	66,08	30918,75
Système 2	2113342	9886658	8973325	8445547	4,678	94,43	70,38	167,36	36150,00
Système 3	2154623	9273948	8335258	7660655	4,304	90,43	66,98	110,16	32607,14
Système 4	1645241	9184389	7470963	6952907	5,582	131,22	64,02	64,94	31360,00
Système 5	1671389	8328611	6634861	6284861	4,983	139,21	62,85	50,71	23333,33
Système 6	2090000	9576667	8793333	8126667	4,582	74,74	69,66	42,86	21600,00
Système 7	1512222	6265556	4544722	4044722	4,14	79,63	51,79	34,06	18666,67
Système 8	1453750	8545833	6820595	6446250	5,878	137,87	64,46	46,18	24700,00
Système 9	2031667	8801667	7885000	7468333	4,332	93,96	68,94	129,63	28000,00
Système 10	2137262	8577024	7672262	6981786	4,013	62,15	64,87	69,25	24400,00
Total	1845678	9045558	7694561	7141108	4,901	108,29	65,07	87,33	30360,09

CI=Consommations intermédiaires, VA=Valeur ajoutée, RBE=Résultat Brut d'Exploitation, RNE=Résultat Net d'Exploitation, Rcapital=Rentabilité du capital, Rexploitation=Rentabilité de l'exploitation, Ptravail=Productivité physique du travail, Pterre=Productivité physique de la terre (rendement)

Source : Enquêtes 2011-2012

9.5.2. Productivité du facteur capital

La productivité physique moyenne du capital est de 0,0078 Kg/Fcfa (Tableau LXXI). La productivité physique du capital est plus faible à Sèmè-kpodji (0,0070 Kg/Fcfa) comparée aux sites de Ouidah (0,0080 Kg/Fcfa) et de Houéyiho (0,0081 Kg/Fcfa). Mais cette différence n'est pas significative ($p=0,4229$).

9.5.3. Productivité du facteur travail

Un homme-jour produit en moyenne 61,73 kg de chou pommé sur trois mois (Tableau LXXI). Cette productivité physique du travail est plus élevée à Sèmè-kpodji (80,39 Kg/Hjr) ($p=0,0195$). Un homme-jour produit en moyenne 27908 Fcfa de chou pommé. Cette productivité en valeur du travail est significativement plus élevée à Sèmè-kpodji (35190 Fcfa/Hjr) comparée à Houéyiho (25760 Fcfa/Hjr) et à Ouidah (24610 Fcfa/Hjr) ($p=0,0385$). En effet, la majorité des maraîchers à Sèmè-kpodji utilisent des systèmes d'irrigation motorisée pour l'arrosage des plants, ce qui réduit la quantité de main d'œuvre pour une même quantité de production.

La productivité de la main d'œuvre est de 9,08 ce qui veut dire qu'un franc dépensé en main d'œuvre rapporte un chiffre d'affaire de 9,08 Fcfa. Elle est plus élevée à Sèmè-kpodji (10,81) et moins à Ouidah (8,81) qu'à Houéyiho (8,36), mais pas significatif ($p=0,1323$).

9.5.4. Fonction de production du chou pommé

Le modèle est globalement significatif au seuil de 1 % et 95,14 % de la variation de la production est expliquée par le modèle Cobb-Douglas (Tableau LXXIII). Les coefficients de la superficie et de la main d'œuvre sont significatifs respectivement au seuil de 1 % et 10 %.

Lorsqu'on augmente la superficie emblavée de 1%, la production de chou s'accroît de 1,12 %. La main d'œuvre est négativement corrélée à la production, ceci traduit une légère surutilisation de ce facteur. Une variation d'un 1% du capital entraîne une variation de 0,05 % de la quantité produite du chou pommé. Cette variation n'est pas statistiquement significative. Les variétés KK-cross et Tropical-cross sont moins productives que la variété cabus.

Tableau LXXIII. Estimation de la fonction de production Cobb-Douglas du chou pommé

Variables	Description	Coefficients	Erreur standard	Probabilité
Super	Superficie (ha)	1,1197***	0,092	0,000
K	Capital (Fcfa)	0,0504	0,0409	0,222
W	Travail (Hjr/ha)	-0,1554*	0,0868	0,078
Site2	Ouidah	-0,0897	0,0546	0,106
Site3	Sèmè-kpodji	0,0016	0,0363	0,965
Variété2		-0,4044***	0,0801	0,000
Variété3		-0,2596***	0,0403	0,000
Technologie2	Motopompe+tourniquet	-0,0335	0,0723	0,645
Technologie3	Motopompe+tuyaux	-0,0564	0,0462	0,227
Constante		10,854***	0,832	0,000
R ²		0,9514		
F (9, 61)		272,6***		0,0000
Effectif		71		

*, **, *** indiquent significativement différent de zéro respectivement au seuil de 1%, 5% et 10%

Source : Enquêtes 2011-2012

9.6. Rentabilité de la production de chou pommé

La valeur ajoutée moyenne de la production de chou est 9045558 Fcfa/ha. Le résultat net d'exploitation est en moyenne de 4284,66 Fcfa par planche de 6 m² et 7141108 Fcfa à l'hectare (Tableaux LXXI et LXXIV). Il est plus élevé dans le système de production S2 combinant variété cabus et motopompe plus tourniquet (Tableaux LXXII et LXXV).

Les rapports VA/CI sont supérieurs à 1 pour tous les systèmes de production de chou mais plus élevés dans les systèmes 1, 4 et 8 (Tableau LXXII). Un franc dépensé en intrants dégage une valeur ajoutée supérieure à 1 Fcfa.

La rentabilité des capitaux engagés dans la production est en moyenne de 108,29%, donc un franc dépensé dans la production de chou dégage un bénéfice de 1,083 Fcfa en moyenne (Tableau LXXI). Ces bénéfices sont respectivement de 1,134 ; 0,953 et 1,109 Fcfa à Houéyiho, Sèmè-kpodji et à Ouidah pour 1 fcfa dépensé. Aucune différence significative n'a été observée selon les sites ($p=0,2790$). Les systèmes 1, 4, 5 et 8 sont plus rentables que les autres systèmes (Tableau LXXII). Les producteurs utilisant ces systèmes consomment moins d'intrants. La rentabilité moyenne de l'exploitation (taux de marge) est de 65,07 %, donc un franc de chiffre d'affaire dégage un bénéfice de 0,651 Fcfa. Elle est plus élevée dans les systèmes 2, 6 et 9.

Tableau LXXIV. Moyennes et écart-types des résultats de l'exploitation de chou par planche selon les sites

Variables	Houéyiho	Sèmè-kpodji		Ouidah		Total		
	Moyenne	Ecart-type	Moyenne	Ecart-type	Moyenne	Ecart-type	Moyenne	Ecart-type
PTV	6617,54	765,11	6611,11	631,42	6233,33	979,55	6534,74	789,20
K	4282,17	1769,75	5162,57	1543,04	4117,74	1738,27	4470,63	1734,11
CI	1098,18	188,92	1153,55	201,97	1075,42	234,55	1107,41	201,46
VA	5519,37	679,76	5457,57	544,33	5157,91	823,94	5427,33	687,28
RBE	4638,80	758,57	4789,65	645,50	4353,36	949,43	4616,74	780,03
Amortissement	349,70	115,60	311,20	82,92	312,44	110,17	332,07	107,35
RNE	4289,09	745,60	4478,45	643,31	4040,91	915,70	4284,66	764,49
VA/CI	5,02	3,60	4,73	2,69	4,80	3,51	4,90	3,41

PTV=Produit total en valeur

VA=Valeur ajoutée

K=Capital

RBE=Résultat brut d'exploitation

CI=Consommation intermédiaire

RNE=Résultat net d'exploitation

Source : Enquêtes 2011-2012

Tableau LXXV. Résultats de l'exploitation du chou par planche selon les systèmes de production

Systèmes	PTV/planche	CI/planche	VA/planche	RBE/planche	RNE/planche
Système 1	6375,00	944,89	5430,11	4383,45	4085,87
Système 2	7200,00	1268,01	5932,00	5384,00	5067,33
Système 3	6857,14	1292,77	5564,37	5001,15	4596,39
Système 4	6497,78	987,14	5510,63	4482,58	4171,74
Système 5	6000,00	1002,83	4997,17	3980,92	3770,92
Système 6	7000,00	1254,00	5746,00	5276,00	4876,00
Système 7	4666,67	907,33	3759,33	2726,83	2426,83
Système 8	6000,00	872,25	5127,75	4092,75	3867,75
Système 9	6500,00	1219,00	5281,00	4731,00	4481,00
Système 10	6428,57	1282,36	5146,21	4603,36	4189,07
Total	6534,74	1107,41	5427,33	4616,74	4284,66

Source : Enquêtes 2011-2012

9.7. Evaluation de l'efficacité dans la production et analyse des déterminants

9.7.1. Estimation de l'efficacité technique

L'estimation de l'efficacité technique a été faite avec la fonction frontière stochastique de production Cobb-Douglas. Le modèle est globalement significatif ($p < 0,05$).

Les résultats montrent que σ_μ est statistiquement différent de zéro (Tableau LXXVI). Ceci traduit la présence d'inefficacité dans la production de chou au niveau des sites de production. Le paramètre σ_v est statistiquement différent de zéro au seuil de 1%. Ceci traduit la présence d'effets aléatoires dans la production. La production de chou des exploitations est négativement corrélée à la quantité de main d'œuvre ($p = 0,008$). Ceci traduit une sur-utilisation de la main d'œuvre par certains exploitants.

Tableau LXXVI. Estimation de la fonction frontière stochastique Cobb-Douglas de production du chou pommé

Variables	Description	Coefficients	Erreurs	
			standard	Probabilités
Lqinsect	Quantité d'insecticide utilisée (L/ha)	0,0678	0,0722	0,347
Lqfongi	Quantité de fongicide utilisée (Kg/ha)	0,020	0,070	0,773
Lqmo	Quantité de main d'oeuvre utilisée (Hjr/ha)	-0,1948***	0,0732	0,008
Lqsem	Quantité de semences utilisée (Kg/ha)	0,0151	0,1247	0,903
Lqengchim	Quantité d'engrais chimiques utilisée (Kg/ha)	-0,3125*	0,2268	0,068
Lqengorg	Quantité d'engrais organiques utilisée (Kg/ha)	0,4111	0,300	0,171
Constante		9,426	2,163	0
. σ_u		3,207	0,54	0,000
. σ_v		4,403	0,533	0,000
Log de vraisemblance		28,454		
Khi-deux		16,28		0,012
Nombre d'exploitation		71		

Likelihood-ratio test of $\sigma_u=0$: $\chi^2(01) = 2.15$ Prob>= $\chi^2 = 0.071$

*, **, *** indiquent significativement différent de zéro respectivement au seuil de 1%, 5% et 10%

Source : Enquêtes 2011-2012

La moyenne des efficacités techniques est de 0,853 (Tableau LXXVII). Ces efficacités techniques ne varient pas selon les sites de production (Kruskal-Wallis=1,455 ; P=0,4832). Environ 4/5 des producteurs ont une efficacité technique supérieure ou égale à 0,8. Ceux produisant la variété Cabus sont plus efficaces significativement au seuil de 5%. Cette variété donne une pomme plus volumineuse comparée aux variétés KK-cross et Tropical-cross. Les producteurs utilisant les systèmes d'irrigation associant motopompe et tourniquet sont techniquement plus efficaces au seuil de 10% (Kruskal-Wallis=5,17 ; p=0,0643). L'utilisation de tourniquet permet de réduire la quantité de main d'œuvre et un arrosage suffisant des plants de chou.

Tableau LXXVII. Caractéristiques descriptives et distribution de fréquence des indices d'efficacité des producteurs dans la production du chou pommé

	Houéyiho	Sèmè-kpodji	Ouidah	Ensemble
Efficacités	(%)	(%)	(%)	(%)
[0,5 ; 0,6[	0,00	0,00	13,33	2,82
[0,6 ; 0,7[	7,89	0,00	0,00	4,23
[0,7 ; 0,8[	13,16	22,22	6,67	14,10
[0,8 ; 0,9[	60,53	50,00	66,67	59,15
[0,9 ; 1]	18,42	27,78	13,33	19,72
Moyenne	0,859	0,859	0,829	0,853
Ecartype	0,080	0,076	0,107	0,085
Minimum	0,633	0,728	0,583	0,583
Maximum	0,967	0,968	0,913	0,968

Source : Enquêtes 2011-2012

9.7.2. Estimation des efficacités allocative et économique

Les résultats de l'estimation de la fonction frontière stochastique Cobb-Douglas de coût dual montre que le modèle est globalement significatif au seuil de 1% (Tableau LXXVIII).

Tableau LXXVIII. Estimation de la fonction Cobb-Douglas de coût dual du chou pommé

Variables	Description	Coefficients	Erreurs standard
Lrend	Rendement du chou (Kg/ha)	0,175*	0,101
Lpinsect	Prix unitaire d'insecticide (Fcfa)	0,097	0,171
Lpfongi	Prix unitaire de fongicide (Fcfa)	1,048**	0,446
Lpmo	Prix unitaire de la main d'oeuvre (Fcfa)	0,615*	0,345
Lpsem	Prix unitaire de semences (Fcfa)	-4,168**	2,029
Lpengchim	Prix unitaire d'engrais chimiques (Fcfa)	0,505	0,369
Lpengorg	Prix unitaire d'engrais organiques (Fcfa)	-0,004	0,117
Constante		48,182*	26,218
.σ_μ		0,001	0,44
.σ_v		0,138***	0,011
Log de vraisemblance		39,77	
Khi-deux		32,33***	
Nombre d'exploitations		71	

Likelihood-ratio test of sigma_u=0: chibar2(01) = 0.00 Prob>=chibar2 = 1.000

*, **, *** indiquent significativement différent de zéro respectivement au seuil de 1%, 5% et 10%

Source : Enquêtes 2011-2012

Les résultats montrent que σ_v est statistiquement différent de zéro au seuil de 1%. Ceci traduit la présence d'effets aléatoires dans l'allocation (Tableau LXXVIII). Le paramètre σ_μ n'est pas statistiquement différent de zéro. Ceci traduit l'absence d'inefficacités allocatives au niveau des producteurs de chou pommé. Leurs efficacités allocatives tendent vers l'unité. Dans ce cas leurs efficacités économiques sont égales à leurs efficacités techniques.

9.7.3. Déterminants des efficacités dans la production du chou pommé

Les résultats d'estimation du modèle Tobit sont présentés dans le tableau LXXIX. Le modèle est globalement significatif au seuil de 1 %.

La part de contribution du chou dans le revenu est positivement et significativement associée aux efficacités technique et économique. Plus le chou contribue au revenu annuel du producteur, plus celui-ci est plus efficace techniquement et économiquement dans sa production ($p < 0,001$) (Tableau LXXIX). Le coefficient de la variable formation est positivement et significativement corrélé aux efficacités technique et économique. Les producteurs ayant reçu une formation dans la production du chou pommé ont une efficacité technique et économique plus élevée que les autres ($p < 0,1$). La variable « contact avec agent de vulgarisation » a une influence positive sur les niveaux d'efficacités technique et économique. Les producteurs ayant été en contact avec les agents de vulgarisation et ayant échangé sur la production du chou pommé sont techniquement et économiquement plus efficaces ($p < 0,1$).

Tableau LXXIX. Facteurs déterminant les niveaux d'efficacités des producteurs dans la production du chou

Variables	Descriptions	Efficacités technique et économique	
		Coef	Er-std
Age	Age du producteur (années)	-0,0012	1E-03
Exp	Expérience du producteur (années)	0,0006	0,0013
Sup	Superficie (m ²)	0,0083	0,053
Partrev	Part de la morelle dans le revenu	0,6288***	0,101
nivinst2	Primaire	-0,002	0,0232
nivinst3	Secondaire	0,0012	0,0246
nivinst4	Supérieur	0,0028	0,051
site2	Ouidah	-0,044	0,0385
site3	Sèmè-kpodji	0,0212	0,0274
forma2	Formation au maraîchage (oui)	0,0212*	0,0284
aparop2	Membre d'une organisation de producteurs	-0,0459	0,0392
contacecpa2	Contact et conseil du CeRPA	0,0038*	0,0198
sexe2	Homme	-0,0061	0,0286
Const		0,743	0,074
Pseudo-R ²		0,399	
Log de vraisemblance		-97,541	
Khi-deux		44,97***	0,000
Effectif		71	

*, **, *** indiquent significativement différent de zéro respectivement au seuil de 1%, 5% et 10%

Source : Enquêtes 2011-2012

9.8. Discussion

La productivité physique du facteur terre ou rendement du chou pommé est de 30360,09 Kg/ha. La variété cabus également cultivée dans les trois sites donne les rendements les plus élevés. Une pomme de variété cabus pèse parfois un kilogramme ou plus. Les pommes des variétés KK-cross et Tropical-cross pèsent en général 500 à 600 g. La productivité physique du facteur terre plus élevée à Sèmè-kpodji qu'à Houéyiho et à Ouidah, est liée au fait que les terres à Sèmè-kpodji reçoivent plus d'amendements organiques que celles des autres sites. La productivité du facteur travail est plus élevée sur ce même site. La plupart des producteurs de Sèmè-kpodji utilise des systèmes d'irrigation motorisée. L'utilisation de motopompe et tourniquet dans la production assure une bonne irrigation des plantes et permet leur bonne croissance. Elle permet également de réduire la quantité de main d'œuvre. Ces résultats sont similaires à ceux trouvés dans la production de la grande morelle sur les mêmes sites de production (Chapitre 8). Les résultats de ce chapitre sont aussi en

accord avec ceux de Kane (2010) et Albouchi *et al.* (2005) qui rapportent que l'investissement permet de réduire la quantité de main d'œuvre pour un même niveau de production.

Chez certains producteurs, les coûts en produits phytosanitaires peuvent avoisiner 30 % des coûts de production et dépend de l'intensité de l'infestation ou de l'attaque des nuisibles. Ces mêmes résultats ont été obtenus dans la production de la grande morelle au sud du Bénin (Chapitre 8). Les coûts de la main d'œuvre sont moins élevés à Sèmè-kpodji qu'à Ouidah et à Houéyiho, mais cette différence n'est pas significative au seuil de 5% ($P=0,0635$). Ceci s'explique par le fait que le site de Houéyiho se situe au cœur de la ville de Cotonou, capitale économique du Bénin.

La valeur ajoutée moyenne de la production de chou est supérieure à celles trouvées au niveau de la production d'oignon (*Allium cepa*) et de piment (*Capsicum annum*) dans la vallée du Niger au nord du Bénin (Tiamiyou et Sodjinou, 2003) ainsi que de celle obtenue au niveau de la production de la grande morelle (Chapitre 8). Le résultat net d'exploitation est plus élevé dans les systèmes de production utilisant motopompes. Les systèmes de production motorisés dégagent un résultat net d'exploitation supérieur à ceux utilisant l'arrosage manuel comme irrigation. Ces résultats confirment ceux obtenus au niveau de la production de grande morelle (Chapitre 8). Le résultat net d'exploitation moyen est supérieur à ceux trouvés par Tiamiyou et Sodjinou (2003) et à ceux trouvés par Simeni Tchuinte (2005) sur les cultures maraîchères dans les zones urbaines et périurbaines de Djougou au nord du Bénin ainsi qu'à ceux de Padonou (2008) sur la tomate en zone périurbaine du sud- Bénin.

Les rapports VA/CI sont supérieurs à 1 pour tous les systèmes ainsi que dans l'ensemble des sites de production. Un franc dépensé en intrants dégage une valeur ajoutée supérieure à 1 Fcfa. Ces mêmes résultats sont retrouvés dans la production de la grande morelle (Chapitre 8) et dans les travaux de Tiamiyou et Sodjinou (2003) au niveau de la production de tomate, de piment et de gombo.

Les calculs de ratios de rentabilité indiquent qu'un franc dépensé dans la production de chou dégage un bénéfice de 1,083 Fcfa en moyenne et qu'un franc de chiffre d'affaire dégage un bénéfice de 0,651 Fcfa. Aucune différence significative n'a été observée selon les sites au niveau de la rentabilité ($p=0,2790$).

Malgré sa rentabilité financière, la présence d'inefficacité technique a été décelée dans la production de chou pommé au niveau des exploitations. La moyenne des efficacités techniques est de 0,853. Les efficacités techniques ne varient pas selon les sites de production ($P > 0,1$). Les producteurs peuvent accroître leur niveau de production de 14,7 % sans augmenter les niveaux d'intrants ou avoir le même niveau de production en réduisant de 14,7 % l'usage des intrants. La moyenne des efficacités techniques des maraîchers dans la production du chou est supérieure à celle obtenue pour la grande morelle (Chapitre 8).

Une sur-utilisation de la main d'œuvre et des engrais chimiques (NPK) a été enregistrée chez les exploitants. Ces mêmes résultats sont retrouvés par Arouna *et al.* (2010) dans la production d'anacarde au Bénin et dans le chapitre 8 sur la production de la grande morelle au sud du Bénin. Singbo et Lansink (2010) ont aussi trouvé que la sur-utilisation d'engrais chimiques entraîne des inefficacités dans les systèmes intégrés riz-maraîchage. Une réduction des quantités de main d'œuvre et de NPK va augmenter l'efficacité et accroître le profit des producteurs. L'utilisation de pesticides pour le contrôle des maladies fongiques et des ravageurs n'influencent pas significativement la production. Ceci pourrait s'expliquer par le fait que les ravageurs (*Plutella xylostella*) et les champignons soient devenus moins sensibles aux pesticides utilisés par les maraîchers (CORAF, 2010 ; James *et al.*, 2010). Des pertes massives de rendement au niveau de la production de chou dues aux maladies ont été rapportés par Assogba-Komlan (2011) dans le Mono et le Couffo. Concernant l'allocation financière aux ressources, aucune inefficacité n'a été décelée chez les producteurs de chou pommé comparés aux producteurs de grande morelle (Chapitre 8). Le chou pommé est une spéculation végétale plus exigeante en intrants comparé à la grande morelle. Tous les producteurs de chou achètent donc de grandes quantités d'intrants, ce qui fait que les prix unitaires leur reviennent moins chers.

La part de contribution du chou pommé dans le revenu, le contact avec les agents de vulgarisation et la formation en maraîchage en particulier sur le chou sont les principaux déterminants de l'efficacité des producteurs de chou. L'âge des maraîchers n'influencent pas leur efficacité dans la production du chou. Ces résultats ne sont pas en accord avec ceux de Kane (2010) sur les exploitations familiales agricoles au Camérout et ceux obtenus dans la production de la grande morelle (Chapitre 8), mais confirment ceux obtenus par Ogundari (2008) dans la production du riz au Nigeria. Aucune corrélation significative entre superficies emblavées de chou et efficacités des producteurs n'a été observée. Ce résultat est en désaccord avec ceux de Albouchi *et al.* (2005) qui trouvent que les petites exploitations sont

moins efficaces. La part de contribution du chou au revenu annuel est positivement corrélée aux niveaux d'efficacité. Plus le chou contribue au revenu annuel du producteur, plus celui-ci est plus efficace techniquement dans sa production. Ceci corrobore les résultats de Arouna *et al.* (2010) et ceux obtenus dans la production de grande morelle au sud-Bénin (Chapitre 8).

L'expérience des producteurs de chou est positivement corrélée aux niveaux d'efficacité mais non significatif. Les études de Arouna *et al.* (2010), de Singbo et Lansink (2010) ont trouvé une corrélation significative entre niveaux d'efficacité et expériences respectives des producteurs d'anacarde et de légumes. L'expérience des producteurs influencerait donc l'efficacité des producteurs. Les producteurs ayant contact avec les agents du CeRPA sont plus efficaces que ceux n'ayant pas de contact avec des agents de vulgarisation agricole. Nuama (2006) et Arouna *et al.* (2010) ont aussi trouvé une association significative entre contact avec les agents de vulgarisation et efficacité des producteurs. Les producteurs ayant reçu une formation dans une coopérative maraîchère sont plus efficaces. Ceci corrobore les résultats obtenus au niveau de la grande morelle (Chapitre 8). La formation constitue un investissement qui permet aux producteurs d'adopter des techniques leur assurant une utilisation efficiente des intrants dans la production.

La recherche de moyens de lutte efficacement durable, la formation et le contact régulier des producteurs avec les agents de vulgarisation permettront de réduire les niveaux d'inefficacité constatés chez les producteurs de chou pommé.

9.9. Conclusion

Dans ce chapitre, la rentabilité financière ainsi que les efficacités technique, allocative et économique des maraîchers dans la production du chou pommé (*Brassica oleracea*) dans trois sites de production en zone urbaine et périurbaine du sud-Bénin ont été analysées afin de déterminer les voies par lesquelles la productivité peut être améliorée. Les résultats obtenus montrent que la production de chou au sud du Bénin est rentable. Un franc de capital engagé dégage 1,083 Fcfa de profit. Les facteurs main d'œuvre et engrais chimiques ne sont pas utilisés de façon optimale par les producteurs. La moyenne des efficacités techniques est de 0,853. Les producteurs peuvent réduire de 14,7 % l'usage des facteurs en maintenant le même niveau de production. Aucune inefficacité n'a été observée dans l'allocation financière aux ressources. La part de contribution du chou dans le revenu, le contact avec les agents de vulgarisation et la formation en maraîchage sont les principaux déterminants de l'efficacité technique et économique des producteurs de chou. Pour améliorer l'efficacité des producteurs

et augmenter leur profit, il faudrait renforcer leur encadrement technique et leur formation. La recherche de nouveaux moyens de lutte efficacement durables contre les ravageurs et maladies est aussi nécessaire pour atteindre ce but.

Après ce chapitre relatif à l'analyse des efficacités dans la production du chou pommé, le chapitre suivant abordera la discussion générale de cette thèse.

CONCLUSION GENERALE

A travers cette thèse, nous avons caractérisé l'activité de production maraîchère urbaine et périurbaine dans les sites de production à Cotonou, Sèmè-kpodji et Ouidah et identifié la typologie des exploitations ainsi que les contraintes auxquelles elles font face. La production maraîchère constitue l'activité principale pour la grande majorité des producteurs et leur génère des revenus leur permettant de subvenir aux besoins de leurs foyers. Les résultats de l'étude montrent que la production maraîchère au sud du Bénin est limitée par sa dimension agroécologique. Les producteurs n'ont aucun objectif de réduction des risques sanitaires et environnementaux liés à l'utilisation des pesticides, ils utilisent généralement les pesticides qui leur passent sous la main pourvu qu'ils arrivent à éliminer les ravageurs et maladies de cultures. Les différents facteurs déterminants les pratiques phytosanitaires des maraîchers sont leur expérience professionnelle, leur âge, le site de production, la pratique de la rotation culturale. Des résidus de pesticide ont été retrouvés en faible quantité dans des légumes produits et commercialisés au Bénin et aussi dans des légumes collectés avant récolte au champ. Aucun résidu de pesticides n'a été détecté dans les échantillons d'eaux de forage prélevés sur les sites de production maraîchère. Une amélioration de la dimension agroécologique de la durabilité va accroître la durabilité globale de la production. Des efforts de sensibilisation des producteurs sur les risques inhérents à l'utilisation des pesticides chimiques ainsi que le port d'équipements de protection individuelle lors de l'épandage de ces produits doivent être multipliés. Une aide à l'acquisition des équipements de protection individuelle appropriée par ces producteurs et la mise à disposition sur les marchés, des biopesticides efficaces contre tous les nuisibles de cultures maraîchères réduiraient les risques liés à l'utilisation des pesticides chimiques.

Les facteurs main d'œuvre et engrais chimiques ne sont pas utilisés de façon optimale par les producteurs, ce qui entraîne des inefficacités dans la production. L'âge du producteur, la superficie emblavée, la part de contribution de la spéculation dans le revenu, le niveau d'instruction et la formation en maraîchage sont les principaux déterminants des efficacités des producteurs. Pour améliorer l'efficacité des producteurs et maximiser leur profit, il faudrait aussi renforcer leur encadrement technique, multiplier des séances de formation et aussi mettre en place des moyens efficacement durable de lutte contre les nuisibles des cultures maraîchères (méthodes physique et biologique).

En perspective, une amélioration plus objective de certains indicateurs de la méthode d'évaluation de la durabilité est d'une nécessité. L'étude pourrait aussi être étendue à d'autres régions de cultures maraîchères au Bénin afin d'évaluer leur niveau de durabilité et identifier les pistes par lesquelles on pourrait les faire évoluer vers le respect des concepts du Développement Durable.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

Abdulkadir, A., Dossa, L.H., Lompo, D.J.P., Abdu, N., van Keulen, H. (2012). Characterization of urban and peri-urban agroecosystems in three West African cities. *International Journal of Agricultural Sustainability*, 1-26, doi:10.1080/14735903.2012.663559

Adégbidi, A. (1994). *Cours de gestion des exploitations agricoles*. DESAC/FSA/UAC, 81p.

Adékambi, S.A., Adégbola, P.Y., Arouna A. (2010). Farmers's perception and agricultural technology. The case of botanical extracts and biopesticides in vegetable production in Benin, Third African Association of Agricultural Economists (AAAE) and 48th Agricultural Economists Association of South Africa (AEASA) Conference, Cape Town, South Africa, September 19-23, 2010.

Adetonah, S. (2007). *Genre, production écologiquement durable et commercialisation des produits maraîchers en zones péri-urbaine et urbaine de l'Afrique de l'Ouest (Bénin, Togo et Ghana)*. Proposition de recherche. IITA, 16p.

Adetonah, S., Koffi-Tessio, E., Coulibaly, O., Sessou, E., Mensah, G.A. (2011). Perception et adoption des méthodes alternatives de lutte contre les insectes de cultures maraîchères en zone urbaine et péri-urbaine au Bénin et au Ghana. *Bulletin de Recherche Agronomique du Bénin*, 69 : 1-9.

Adorgloh-Hessou, R. (2006). *Guide pour le développement de l'entreprise de production et de commercialisation de légumes de qualité dans les régions urbaines et périurbaines du Sud-Bénin*. Rapport de consultation, IITA - Bénin, 86p.

AGENCE FRANCAISE DE SECURITE SANITAIRE DES ALIMENTS, AGENCE FRANCAISE DE SECURITE SANITAIRE ENVIRONNEMENTALE. *Evaluation des risques pour la santé humaine liés à une exposition au fipronil*, France 2005, 173p.

Ahouangninou, C. (2008). *Etude des pratiques phytosanitaires maraîchères et évaluation de leur risque sur la santé et l'environnement dans la commune de Tori-Bossito au sud-Bénin*. Mémoire recherche de DESS Sciences de l'environnement et développement durable/CIFRED/UAC, Cotonou, 142 p.

Ahouangninou, C., Fayomi, B. E., Martin, T. (2011). Evaluation des Risques Sanitaires et Environnementaux des Pratiques Phytosanitaires des Producteurs Maraîchers dans la Commune Rurale de Tori-Bossito (Sud-Bénin). *Cahiers Agricultures*, 20(3) : 216-222. doi:10.1684/agr.2011.0485

Ahouangninou, C., Martin, T., Edoh, P., Bio-Bangana, S., Samuel, O., St-Laurent, L., Dion, S., Fayomi, B. (2012a). Characterization of health and environmental risks of pesticide use in

market-gardening in the rural city of Tori-Bossito in Benin, West Africa. *Journal of Environmental Protection*, 3: 241-48. doi: 10.4236/jep.2012.33030

Ahouangninou C, Martin T, Assogba-Komlan F, Simon S, Djogbénou L, Siddick I, Assogba B, Pennetier C, Akogbéto M, Corbel V, Fayomi B. (2012b), Using *Aedes aegypti* larvae to assess pesticide contamination of soil, groundwater and vegetables in southern-Benin. Submitted to *British Biotechnology Journal*.

Ahouangninou, C., Martin, T., Bio-Bangana, S., Huat, J., Parrot, L., Medali, D., Assogba-Komlan, F., Vidogbéna, F., Houssou, C., Boko, M., Fayomi, B. (2012c). Characterization and diversity of the market-gardening production systems and their interactions with environment in southern-Benin. Submitted to *International Journal of Agricultural Sustainability*.

Aigner, D. J., Lovell, C.A.K., Schmidt, P. (1977). Formulation and Estimation of Stochastic Frontier Production Function Models. *Journal of Econometrics*, 6: 21-27.

Aigner, D.J., Chu, S. (1968). On Estimating the Industry Production Function. *The American Economic Review*, 58: 826-39.

Akogbéto, M., Djouaka, R., Noukpo, N. (2005). Utilisation des insecticides agricoles au Bénin. *Bulletin de la Société de Pathologie Exotique*, 98 : 400-405.

Albers, J.W., Garabrant, D.H., Schweitzer, S.J., Garrison, R.P., Richardson, R.J., Berent, S. (2004). The effects of occupational exposure to chlorpyrifos on the peripheral nervous system: a prospective cohort study. *Occupational and Environmental Medicine*, 61: 201- 211.

Albouchi, L., Bacta, M., Jacquet, F. (2005). *Estimation et décomposition de l'efficacité économique des zones irriguées pour mieux gérer les inefficacités existantes*, Actes de séminaire Euro-méditerranéen. Sousse, Tunisie.

Ali, M. et Chaudhry, M.A. (1990). Inter-regional Farm Efficiency in Pakistan's Punjab: A Frontier Production Function Study. *Journal of Agricultural Economics*, 41:62-74.

Ali, M., Flinn, J.C. (1989). Profit Efficiency among Basmati Rice Producers in Pakistan Punjab. *American Journal of Agricultural Economics*, 71:303-310.

Aly, D., Dah-Dovonon, Z.J., Dansi, A. (2007). *Rapport national sur l'état des ressources phytogénétiques pour l'alimentation et l'agriculture*, 2^{ème} rapport, Ministère de l'Agriculture, de l'Elevage et de la Pêche, Bénin, 57 p.

Amara, N., Romain, R. (2000). *Mesure de l'efficacité technique : Revue de la littérature*, Série Recherche SR.00.07, Département d'économie agroalimentaire et des sciences de la consommation, Université Laval, Québec.

Amadou, I. (2008). *Consentement à payer des consommateurs pour les légumes sains en milieu urbain et périurbain : cas du sud du Bénin*. Thèse d'ingénieur agronome, FSA/ UAC Bénin.

Ambroise, R., Barnaud, M., Manchon, O., Vedel, G. (1998). «Bilan de l'expérience des plans de développement durable de point de vue de la relation agriculture environnement». *Courrier de l'environnement de l'INRA* 34 :5-9.

Annan, K.A. (2002). *The Secretary-General's Message on World Environment Day*. June 5, 2002. United Nations, New York.

Appleton, A.F. (2006). «Sustainability: a practitioner's reflection». *Technology in Society* 28:3-18.

Arbuckle, T.E., Sever, L.E. (1998). Pesticide exposures and fetal death: a review of epidemiologic literature. *Crit Rev Toxicol*, 28: 229-70.

Arouna A., Adégbola P.Y., Adékambi S.A. (2010). *Estimation of the economic efficiency of cashew nut production in Benin*. Third African Association of Agricultural Economists (AAAE) and 48th Agricultural Economists Association of South Africa (AEASA) Conference, Cape Town, South Africa, September 19-23, 2010.

Arouna, A., Dabbert, S. (2009). "Estimating water use efficiency in agricultural production: a case study of dry season vegetable production by resource poor farmers in Benin." *Biophysical and Socio-economic Frames Conditions For the Sustainable Management of Natural Resources*, Hamburg, October 2009, Tropentag 2009, pp. 06-08. http://www.tropentag.de/2009/abstracts/links/Arouna_NMBofSYv.pdf

Assogba, R. (2007). *Production maraîchère au Sud-Bénin : Analyse des facteurs décisionnels en matière de choix et de dimensionnement des spéculations*. Thèse d'ingénieur agronome, FSA/ UAC Bénin, 140p.

Assogba-Komlan, F., Anihouvi, P., Achigan, E., Sikirou, R., Boko, A., Adje, C., Ahle, V., Vodouhe, R., Assa, A. (2007). Pratiques Culturelles et Teneur en Eléments Antinutritionnels (Nitrates et pesticides) du *Solanum macrocarpon* au Sud du Bénin. *Africain Journal of Food, Agriculture, Nutrition and Development*, 7, 1-21.

Atidéglà, S. C. C. (2006). *Atouts et Contraintes des Modes d'Irrigation dans les exploitations maraîchères urbaines et péri-urbaines de Grand-Popo*. Mémoire de DEA, FLASH, UAC, Bénin.

Aubertot, J.N. ; Barbier, J. M., Carpentier, A., Gril, J.J., Guichard, L., Lucas, P., Savary, S., Voltz, M., Savini, I. (2005), *Pesticide, agriculture et Environnement. Réduire l'utilisation des*

pesticides et en limiter les impacts environnementaux. Synthèse de rapport d'expertise scientifique collective INRA-cemagref , France, 64P .

Baig, S.A., Akhtera, N.A., Ashfaq, M., Asi, M.R. (2009). Determination of the organophosphorus pesticide in vegetables by high performance liquid chromatography. *American-Eurasian Journal of Agricultural and Environmental Sciences*, 6(5), 513-519.

Bakkes, J.A., van den Born, G.J., Helder, J.C. Swart, R.J., Hope, C.W., Parker, J.D.E. (1994). *An overview of environmental indicators: states of the art and perspectives*. UNEP/EATR.94-01, RIVM/402001001, RIVM Bilthoven.

Baldi, I., Filleul, L., Mohammed-Brahim, B., Fabrigoule, C., Dartigues, J.F., Schwall, S., Drevet J.P., Salamon, R., Brochard, P. (2001). Neuropsychologic effects of long-term exposure to pesticides: result of the French phytoner study. *Environ Health Perspect*, 109:839-44.

Baldi, I., Lebailly, P., Mohammed-Brahim, B., Letenner, L., Dartigues, J.F., Brochard, P. (2003). Neurodegenerative diseases and exposure to pesticides in the elderly. *Am J Epidemiol*, 157:409-14.

Baldi, I., Mohammed-Brahim, B., Brochard, P., Dartigues, J.F., Salamon, R. (1998). Effets retardés des pesticides sur la santé : Etat des connaissances épidémiologiques. *Rev Epidemiol Santé Publique* 46 : 134-42.

Banerjee, B.D. (1999). The influence of various factors on immune toxicity assessment of pesticide chemicals. *Toxicol Lett*, 107 :21-31.

Banque Mondiale. (1989). *L'Afrique subsaharienne, de la crise à la croissance durable. Etude de prospective à long terme*, Washington, 346p.

Base de données FOOTPRINT PPDB sur les propriétés des pesticides. In « FOOTPRINT : des outils innovant pour l'évaluation et la réduction du risque pesticides » (<http://www.eu-footprint.org/fr/ppdb.html>)

Base de données SAgE pesticides (<http://www.sagepesticides.qc.ca/>)

Battese, G.E., Coelli, T. (1995). A model of technical inefficiency effects in a stochastic frontier production function for panel data. *Empirical Economics*, 20: 325-332.

Beach, J.R., Spurgeon, A., Stephens, R., Heafield, T., Calvert, I.A., Levy, L.S., Harrington, J.M. (1996). Abnormalities on neurological examination among sheep farmers exposed to organophosphorous pesticides. *Occupational and Environmental Medecine*, 53: 520- 525.

Berry, W. (1987), *Home Economics*. North Point Press, New York.

Bhaskar, V., Glyn, A. (1995). *The North, the South and the Environment*. London: Earthscan Publications and United Nations University Press.

Biaou, G. (2005). *Dimensions Economique et Sociale du Développement Durable*, Centre Interfacultaire de Formation et de Recherche en Environnement pour le Développement Durable, Centre des Publications Universitaires, Cotonou, 283 p.

Biewinga, E.E., van der Bijl, G. (1996), *Sustainability of energy crops. A methodology developed and applied*, Report no 234. Centre of agriculture and environment (CLM), Utrecht, the Netherlands.

Birch, A.N.E., Begg, G.S., Squire, G.R. (2011). How agro-ecological research helps to address food security issues under new IPM and pesticide reduction policies for global crops production systems. *Journal of Experimental botany*, Juin, 1-11. doi:10.1093/jxb/err064

Blinc, R., Zidansek, A., Slaus, I. (2006). *Sustainable development after Johannesburg and Iraq: The global situation and the cases of Slovenia and Croatia*. Energy, In Press.

Bonvallot, N., Dor, F. *Insecticides organochlorés aux Antilles : identification des dangers et valeurs toxicologiques de référence(VTR), état des connaissances*. Institut de veille sanitaire, France 2004, 52p.

Boutin, K., Champagne, J., Grenier, K. (2009). *Indice de risque et registre des pesticides SECTEUR AGRICOLE (IRPeQ-express)*, (<http://www.irpeqexpress.qc.ca/>)

Bravo-Ureta, B.E. (1986). Technical Efficiency Measures for Dairy Farms Based on a Probabilistic Frontier Function Model. *Canadian Journal of Agricultural Economics*, 34:399-415.

Bravo-Ureta, B.E., Pinheiro, A.E. (1993). Efficiency Analysis of Developing Country Agriculture: A Review of the Frontier Function Literature. *Agricultural Research. Economics Review*, 22:88-101.

Bravo-Ureta, B.E., Pinheiro, A.E. (1997). Technical, Economic and Allocative Efficiency in Peasant Farming: Evidence from the Dominican Republic. *Cahiers d'économie et sociologie rurale*, 44:29-59.

Bravo-Ureta, B.E., Rivas, T.E., Thiam, A. (2001). A Meta-analysis of Technical Efficiency in Farming: a Multi-Country Perspective. *Agricultural Economics*, 25:235-243.

Brock, B., Foeken, D. (2006). Urban horticulture for a better environment: a case study of Cotonou, Benin. *Habitat International*, 30: 558-578, doi:10.1016/j.habitatint.2005.02.001

Brossier, J. (2007). Apport des théories sur l'exploitation agricole dans une perspective de gestion In *Exploitation agricoles familiales en Afrique de l'Ouest et du Centre*, Quae, 87-101.

Brossier, J., Devèze, J.C. et Kleene, P. (2007). Qu'est ce que l'exploitation agricole familiale en Afrique ? In *Exploitation agricoles familiales en Afrique de l'Ouest et du Centre*, Quae, 73-85.

Broutin, C., Commeat, P.G., Sokona, K. (2005). *Le maraîchage face aux contraintes et opportunités de l'expansion urbaine. Le cas de Thies/fandène (Sénégal). Gestion partagée et durable des espaces agricoles et naturels à la périphérie des centres urbains*. Document de travail n°2, Ecocité, GRET, 41p.

Brown, R.L., Lenssen, N., Kane, H. (1995). *Vital signs: the trends that are shaping our future*. London: Earthscan Publications.

Brown, T.P., Rumsby, P.C., Capleton, A.C., Rushton, L., Levy, L.S. (2006). Pesticides and parkinson's disease-is there a link? *Environ Health Perspect*, 114:156-164.

Brunet, N., Guichard, L., Omon, B., Pingault, N., Pleyber, E., Seiler, A. (2007). L'indicateur de fréquence des traitements (IFT) : un indicateur pour une utilisation durable des pesticides. In : *A propos de Réflexions sur les critères de choix des indicateurs de pression phytosanitaire* par Yves Guy, *Le Courrier* n°54 Septembre 2007, 11p.

Bryden, J., Sucksmith, M. (2000). «The concept of sustainability in relation to agriculture and rural development in the European union»: In Integrated concepts of sustainability into education dor agriculture and rural development. *Vol 6, Peter Lang editions*, Germany 321 p.

Bues, R., Bussieres, P., Dadomo, M., Dumas, Y., Garcia-Pomar, M.I., Lyanmaz, J.P. (2004). Assessing the environmental impacts of pesticides used on processing tomato crops. *Agriculture, Ecosystems Environment*, 102 : 155- 162.

Burns, C.J., Garabrant, D., Albers, J.W., Berent, S., Giordani, B., Haidar, S., Garrinson, R., Richardson, R.J. (2006). Chlorpyrifos exposure and biological monitoring among manufacturing workers. *Occupational and Environment Medecine*, 63: 218-220.

Capello, R., Nijkamp, P. (2002), «Special section: economics of urban sustainability»: In search of sustainable human settlement prefatory remarks. *Ecological Economics* 40: 151-155.

Capillon, A., Gabrielle, B., Girardin, P., Guichard, L., Guillaume, B., Hubert, A., Leiser, H., Soulas, G., van der Werf, H. (2005). *Méthodes d'évaluation des impacts environnementaux des pratiques agricoles*. INRA, Département Environnement Agronomie, 47 p.

Carson, R. (1962). *Le printemps silencieux*, Plon, Paris.

Carter, W.G., Tarhoni, M., Rathbone, A.J., Ray, D.E. (2007). Differential protein adduction by seven organophosphorus pesticides in both brain and thymus. *Human and Experimental Toxicology*, 26: 347- 353.

Causse, M., Buret, M., Robini, K., and Verschave, P. (2003). Inheritance of nutritional and sensory quality traits in fresh market tomato and relation to consumer preferences. *Journal of Food Science*, 68(7) : 2342-2350.

Cayre, P. (2001). *Indicateur de durabilité des exploitations agricoles (IDEA). Analyses des pratiques pédagogiques*. CNPR France, 82 p.

Centre d'Expertise en Analyse Environnementale du Québec. (2004). *Détermination des nitrates et des nitrites extractibles dans les matières solides : méthode colorimétrique automatisée avec le sulfate d'hydrazine et le N.E.D. MA. 310 – NO₃ 1.0*, Ministère de l'Environnement du Québec, 15p.

Centre d'Expertise en Analyse Environnementale du Québec. (2007). *Détermination du phosphore total dissous et du phosphore total en suspension dans les eaux : dosage par méthode colorimétrique automatisée avec le molybdate d'ammonium. MA. 303 – P 3.0, Rév. 1*, Ministère de Développement Durable, de l'Environnement et des Parcs du Québec, 15p.

Charnes, A., Cooper, W.W. (1962). Programming with Linear Fractional Functionals. *Naval Research Logistics Quarterly*, 9:181-185.

Charnes, A., Cooper, W.W., Rhodes, E. (1978). Measuring the Efficiency of Decision making Units. *European Journal of Operations Research*, 2:429-444.

Chombart de Lauwe, J. ; Poittevin, J. Triel, J. C. (1969). *Nouvelle gestion des exploitations agricoles*. Ed Dunod Paris, 280p.

Chouaibou, M., Etang, J., Brevault, T., Nwane, P., Hinzoumbe, C.K., Mimpfoundi, R., Simard, F. (2008). Dynamics of insecticides resistance in the malaria vector *Anopheles gambiae* sl. From an area of extensive cotton cultivator in Northern Cameroon. *Tropical Medecine and International Health*, 13(4):1-11.

Cissé, I. (2000). *Utilisation des pesticides dans le système de production horticole dans la zone des Niayes : les produits et leurs impacts sur la nappe phréatique*. Thèse de doctorat de troisième cycle de Géographie , option Environnement. Novembre 2000,187 P.

Cissé, I., Tandia, A. A., Fall, S. T., Diop, E.H.S. (2003). Usage incontrôlé des Pesticides en Agriculture Périurbaine : cas de la zone de Niayes au Sénégal, *Cahiers d'études et de recherche francophones/Agriculture* Mai Juin ; 12 (3) : 181-6.

CMED (1987). *Notre avenir à tous*. Oxford, Royaume uni, Oxford-Univ. Press.

Coelli, T. (1996). A Guide to DEAP version 2.1: a Data Envelopment Analysis (Computer) Program, *Centre For Efficiency and Productivity Analysis working paper*, University of New England (Australia), 49 p.

Coelli, T., Fleming, E. (2004). Diversification Economies and Specialisation Efficiencies in a Mixed Food and Coffee Smallholder Farming System in Papua New Guinea. *Agricultural Economics*, 31:229-239.

Coelli, T.J., Rao, D.S., Battese, G.E. (1998). *An Introduction to Efficiency and Productivity Analysis*, Kluwer Academic Publishers, Boston.

Cofie, O.O., Van Veenhuizen, R., and Drechsel, P. (2003). *Contribution of urban and peri-urban agriculture to food security in sub-Saharan Africa*. Paper presented at the Africa session of 3rd WWF, 17 March 2003, Kyoto.

Colosio, C., Corsini, E., Barcellini, W., Maroni, M. (1999). Immune parameters in biological monitoring of pesticide exposure: current knowledge and perspectives. *Toxicol Lett*, 108:285-95.

Cooman, K., Debels, P., Gajardo, M., Urrutia, R., Barra, R. (2005). Use of *Daphnia spp* for the ecotoxicological assessment of water quality in agricultural watershed in South-Centra-Chile. *Archives of Environmental Contamination and Toxicology*, 48(2) : 191-200.

Coppieters, Y., Parent, F., Lagasse, R., Piette, D. (2004). Evaluation des risques, une approche pluridisciplinaire en santé publique. *Environnement, Risques et Santé*, 3(1) : 45-52.

CORAF (2010). Culture maraîchères : Des extraits végétaux à la place des insecticides de synthèse. *Lettre d'Information pour la Recherche et le Développement Agricole en Afrique de l'Ouest et du Centre*, 56 :1-16.

Coste, J. Bard, M. Soule, B. (2004). Analyse de la compétitivité des filières tomates et pommes de terre *In Revue Economie Régionale, Série Echanges régionaux*. LARES IRAM Paris. P .52-71

Coulibaly, O., Nouhoheflin, T., Aitchédji, C.C., Cherry, A.J., Adegbola, P. (2011). Consumer's perceptions and willingness to pay for organically grown vegetables. *International Journal of Vegetable Science*, 17 (4): 349-362, doi:10.1080/19315260.2005.563276

CPP. (2002). *Risques sanitaires liés à l'utilisation de produits phytosanitaires*. Comité de prévention et de la précaution. Ministère de l'écologie et du développement durable, Paris, 47 p.

Daane, J. Mongbo, R. Schamhart, R. (1989). *Méthodologie de recherche socio-économique en milieu rural africain*, UNB / LUW / SVR Abomey-Calavi, 290p.

Damgaard, I.N., Skakkebaek, N.E., Toppari, J., Virtanen, H.E., Shen, H., Schramm, K-W., Petersen, J.H., Jensen, T.K., Main, K.M. (2006). Persistent pesticides in human breast milk and cryptorchidism. *Environ Health Perspect*, 114:1133-1138.

Daniels, J.L., Olshan, A.L., Savitz, D.A. (1997). Pesticides and childhood cancers. *Environ Health Perspect*, 105: 1068-77.

De Koning, G.H.J., van de Kop, P.J., Fresco, L.O. (1997). Estimates of sub-national nutrients balances as sustainability indicators for agro-ecosystems in Ecuador. *Agric.Ecosyst.Environ*, 65: 127-139.

De Kruijf, H.A.M., Van Vuuren, D.P. (1998). Following sustainable development in relation to the North-South dialogue: ecosystem health and sustainability indicators. *Ecotoxicology and Environ-mental Safety*, 40: 4-14.

Deardorff, A.D., Stark, J.D. (2009). Acute toxicity and Hazard assessment of spinosad and R-11 to three Cladoceran species and Coho Salmon. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*, 82(5): 549-553.

Debreu, G. (1951). The coefficient of ressource utilization. *Econometrica*, 19(3):273-292. doi:10.2307/1906814

Delauney, J. (1972). *Halte à la croissance*. Fayard, 1972.

Dellere, R., Symoens, J-J. (1990). *Intensification et environnement en milieu tropical*. Journée d'étude.

Denhez, L. *Mise à jour de l'analyse de risque humaine en regard de l'épandage de pesticides pour la travailleuse enceinte ou qui allaite*. Institut National de Santé Publique du Québec 2003, 12 P.

Destais, G., Gillot-Chappaz, A. (2000). *La productivité revisitée*, Institut d'économie et de politique de l'énergie, Unité mixte de recherche du Centre National de la Recherche Scientifique et de l'Université Pierre Mendès, France.

Devillers, J., Farret, R., Girardin, P., Rivière, J.L., Soulas, G. (2007). *Indicateurs pour évaluer les risques liés à l'utilisation des pesticides*. Editions Tec&Doc Lavoisier, Paris, 280 p.

Diabate, A., Baldet, T., Chandre, F., Akogbeto, M., Hougard, J.M. (2002). The role of agricultural use of insecticides in resistance to pyrethroids in *Anopheles gambiae* s.l. in Burkina Faso. *Am J. Trop. Med. Hyg.* 67(6): 617-622.

Diamouangana, J., Matsimouna, A., Nganga, I., Ngouissani, A., Ongayolo, J.E., Nsika Mikoko, E., Bikindou, T. (2003). *Inventaire initial sur les pesticides polluants organiques persistants en République du Congo*. Rapport national, Ministère de l'économie forestière et de l'environnement, Brazzaville, août 2003, 61 p.

Diao, M.B. (2004). Situation et contraintes des systèmes urbains et périurbains de production horticole et animale dans la région de Dakar. *Cahiers d'études et de recherches francophones/agricultures*, 13 (1): 39-49.

Djimasra, N. (2009). *Efficacité technique, productivité et compétitivité des principaux pays producteurs de coton*, Thèse de Doctorat, Université d'Orléans.

Dobbs, T., Pretty, J.N. (2004). Agri-environmental stewardship schemes and multifunctionality. *Review of Agricultural Economics*, 26(2): 220-237.

Doucouré, D., A. Fleury. (2004). La place de l'agriculture urbaine dans les dispositifs institutionnels et la planification In *Développement durable de l'agriculture urbaine en Afrique francophone : Enjeux, concepts et méthodes*, Olanrewaju B. Smith, Paule Moustier, Luc J.A. Mougeot et Abdou Fall, éditeurs, CRDI/CIRAD, Chapitre 2, pp. 40-77, <http://www.crdi.ca>

Drevenkar, V., Radic, Z., Vasilic, Z., Reiner, E. (1991). Dialkylphosphorus metabolites in the urine and activities of esterases in the serum as biochemical indices for human absorption of organophosphorus pesticides. *Archives of Environmental contamination and Toxicology*, 20: 417- 422.

Dubose, J., Frost, J.D., Chamaeau, J.A., Vanegas, J.A. (1995). «Sustainable Development and Technology»: In the Environmentally Educated Engineer, D. ELMS and D. WILKINSIN (eds). *Canterbury: Center for Advanced Engineering*.

Edwards-Jones, G. (2008). Do benefits accrue to 'pest control' or 'pesticides?' : A comment on Cooper and Dobson. *Crop Protection*, 27 :965-967.

Ernest, L., Hans, B., Peter, H. (2000). L'agriculture et l'environnement: étude prospective sur le développement durable, *Documents & Reports*, 18583(1) :1-421.

Evens, I., Berta, J.L., Volatier, J.L. (2002). *Evaluation de l'exposition théorique des nourissons et des enfants en bas âge aux résidus de pesticides apportés par les aliments courants et infantiles*. Agence française de sécurité sanitaire des aliments 2002, 116p.

Fanou, S.G.P.L. (2008). *Rentabilité financière et économique des systèmes de productions maraîchères au Sud-Bénin : Cas de la Tomate (*Lycopersicum esculentum*) et du chou pommé (*Brassica oleracea*)*. Thèse d'ingénieur agronome, UAC / FSA, Bénin.

FAO (1986). *International code of conduct on the distribution and use of pesticides*. Rome

FAO (1987). «*Effects of agricultural development on vector-borne diseases*» in FAO document AGI/ MISC/ 12/ 87, 144 p.

FAO (1998). *Effet de la lutte antiacridienne sur l'environnement*. Projet LOCUSTOX GCP/SEN/041/NET, Tome II. Food and Agriculture Organisation, Rome Italy.

FAO (1998). *Evaluation des données d'essais de terrain relatifs à sélectivité des insecticides sur les criquets et les sauteriaux*. Rapport du groupe consultatif sur les pesticides, Rome 1998.

FAO (1999). *Questions relatives à l'agriculture urbaine, Département de l'agriculture et de la protection des consommateurs*.

FAO (2011). *Développement de l'aquaculture : une approche écosystémique de l'aquaculture*. Directives techniques pour une pêche responsable, N°5, Rome, 63p.

FAO (2012). Biodiversity : la biodiversité pour un monde libéré de la faim, approche écosystémique. <http://www.fao.org/biodiversity/questions-intersectorielles/approches-ecosystemique/fr>

FAO and WHO (2012). "Codex alimentarius", 2012. <http://www.codexalimentarius.org>

FAO-CIRAD. (1994). *Promotion de système agricoles durables dans les pays d'Afrique soudano-sahélienne*, Dakar, Sénégal 10-14 janvier 1994.

Farnham, M. W., Stephenson, K. K., and Fahey, J. W. (2000). Capacity of broccoli to induce a mammalian chemoprotective enzyme varies among inbred lines. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 125(4): 482-488.

Farrell, M.J. (1957). Measurement of production efficiency. *Journal of Royal Statistical Society*, 120:253-281.

Farrell, M.J., Fieldhouse, M. (1962). Estimating efficient production under increasing returns to scale. *Journal of Royal Statistics*, 125:252-267.

Fayomi, B., Lafia, E., Akpona, S., Fourn, L., Capo-Chichi, V., Forget, G., Zohoun, T. (1998). Variation de l'activité cholinestérasique chez les utilisateurs de pesticide au Bénin : cas de Banikoara. *Archives des Maladies Professionnelles et de Médecine de Travail* v, 59 (8) :569-573.

Fedorova, V.G. (1989a). The effect of mineral fertilizers on mosquito larvae (culicidae). *Parazitologiya*, 23(3): 193-199.

Fedorova, V.G. (1989b). Mineral fertilizers as regulators of the culicidae population. I. Effect of nitrophos on Aedes larvae. *Med Parazitol*, Mosk(1): 32-34.

Fedorova, V.G. (1990). Mineral fertilizers as regulators of the population count of culicidae. 2. The action of ammophos on Aedes dorsalis Mg larvae developing in mineralized reservoirs. *Med Parazitol*, Mosk(6): 27-28.

FIDA. (2001). *Evaluation de la pauvreté rurale en Afrique de l'Ouest et du Centre*, Rome, 130 p. <http://www.ifad.org>

Fontan, C. (2008). Production et efficacité technique des riziculteurs de Guinée : une estimation paramétrique stochastique. *Economie Rurale*, 308 :19-35.

Francis, C.A., Butler Flora, C., King, L.D. (1990). *Sustainable agriculture in temperate zones*. New-York, Chichester, John Wiley & Sons 487 p.

Frappas, E. (1999). *Test d'une méthode d'évaluation de la durabilité des exploitations agricoles. La méthode IDEA*, Mémoire de Fin d'études. Ecole Nationale Supérieure d'agronomie de Rennes.

Fried, H.O. (1993). *Measurement of productive efficiency. Production Frontiers and Productive efficiency*. Oxford University Press, USA.

Gadedjisso-Tossou, A. (2009). *Evaluation de l'efficacité technique des exploitations rizicoles du périmètre irrigué de Mission-Tové*. Mémoire d'Ingénieur Agronome, Ecole Supérieure d'Agronomie, Université de Lomé.

Gallopín, G. (1997). «Indicators and their use: information for decision making» in Moldan B., Billharz S. Sustainability indicators. Report on the project on indicators of sustainable development. *John Wiley and Sons*, Chichester.

Gamache, R. (2005). La productivité : définition et enjeux. *Research Paper Series*, 117, Statistique Canada, 36p.

Gandonou, E., Agbossou, K., Sintondji, L. (2007). *Etude de la durabilité environnementale et économique des pratiques d'irrigation en agriculture périurbaine et urbaine (APU) à Cotonou et sa périphérie Volet socio-économie*. FSA/UAC Bénin, 39p.

Georghiou, G.H. (1986). *The magnitude of the resistance problem*, In: National Research Council, ed. Pesticide Resistance-Strategies and tactics for management. Washington: Nat Acad Press, 14-43.

Ggbédo, V. (2002). *Etude des pratiques endogènes de valorisation des déchets solides ménagers à Cotonou : approche pour une gestion durable des déchets solides ménagers*. Mémoire de DEA, FLASH/UAC, 122 p.

Gibbs, D.G., Pickett, A.D., Leston, D. (1968). Seasonal population changes in cacao capsids (*Hemiptera miridea*) , Ghana. *Bull Entomol Res*, 58 : 279-93.

Girardin, P., Bockstaller, C. (1997). Les indicateurs agro-écologiques pour évaluer les systèmes de culture. *Oléagineux Corps Gras Lipides*, 4 : 418-426.

Giuseppe, F., Rahn, E., Binder, C.R. (2010). *Testing environmental and health pesticide use risk indicators. The case of potato production in Boyacá, Colombia*. Conference on International Research on Food Security, Natural Resources Management and Rural Development. Tropentag 2010, ETH Zurich, September, 14-16. (<http://www.tropentag.de/2010/abstracts/full/266.pdf>)

Glenn, N.A., Pannell, D.J. (1998). *The economics and applications of sustainability indicators in agriculture, paper presented at the 42nd annual conference of the Australian Agricultural and Ressource Economics Society*, University of New England, Armidale.

Gockowski, J., Ndoumbe, M. (2004). The adoption of intensive monocrop horticulture in southern Cameroon. *Agricultural Economics*, 30: 195-202.

Gonroudobou, O. D. (1985). *Economie de la production maraîchère dans les quartiers périphériques de Porto-Novo, Bénin*. Thèse d'ingénieur agronome, UAC / FSA, Bénin, 115p.

González-Rodriguez, R.M., Rial-Otero, R., Cancho-Grande, B., Simal-Gándara, J. (2008). Occurrence of fungicide and insecticide residues in trade samples of leafy vegetables. *Food Chemistry*, 107(3): 1342-1347.

Gottlieb, R.S. (1996). *This sacred earth: Religion, Nature, Environment*. New York: Routledge.

Greene, W.H. (1980). Maximum Likelihood Estimation of Frontier Functions. *Journal of Econometrics*, 13:27-56.

Habault, P. (1983). *Lexique des termes agricoles et horticoles*. Edition Baillière, Paris, 350p.

Habwe, F.O., Wanlingo, K.M., Onyango, M.O.A. (2008). Food processing and preparation technologies for sustainable utilization of African indigenous vegetables for nutrition security and wealth creation in Kenya, in G.L. Robertson, J.R. Lupien (eds) Using food science and technology to improve nutrition and promote national development, Ch 13, International Union of Food Science and Technology, Ontario, Canada.

Hammond, A., Adriaanse, A., Rodenburg, E., Bryant, D., Woodward, R. (1995). *Environmental indicators: a systematic approach to measuring and reporting on environmental policy performance in the context of sustainable development*. World Resources Institute, Washington DC.

Hani, F., Braga, F., Stampfli, A., Keller, T., Fischer, M., Porsche, H. (2003). *RISE, a Tool for Holistic sustainability assessment at the farm level IAMA*. Available online: <http://www.ifama.org/conferences/2003Conference/papers/haeni.pdf>

Hansen, J.W., Jones, J.W. (1996). A systems framework for characterizing farm sustainability. *Agric. Syst*, 51: 185-201.

Hardi, P., Zdan, T.J. (1997). *Assessing sustainable development-Principles in practice*, International Institute for Sustainable development, Winnipeg.

Harwood, R.R. (1990). «A history of sustainable agriculture». In Sustainable agriculture systems (C.A. EDWARD et al., eds). pp3-19. *Soil and Water Conservation Society*, USA.

Hill, B.D., Johnson, D.L. (1987). Persistence of deltamethrin and its isomers on pasture forage and litter. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 35(3), 373-378.

Houeto, P. (1990). *Eude des cholinestérases et du métabolisme lipoprotéique chez les applicateurs de pesticides au Sénégal*. Thèse de pharmacie, UCAD, Sénégal 1990.

Hougard, J.M. (2008). Les moustiquaires imprégnées. *Pour La Science*, 365(3).

Hougard, J.M., Boussinesq, M. (1998). La lutte contre l'onchocercose en Afrique : aspects actuels. *Med Trop*, 58(3) : 285-296.

Hounkpodote, M., Tossou, C. (2001). *Profil des interactions entre la problématique foncière et le développement de l'agriculture urbaine dans la ville de Cotonou et environs*. Réseau national pour l'agriculture urbaine, Bénin, 61p.

Hsiao, C. (1986). *Analysis of panel data*. Cambridge. Cambridge University Press.

Huerta de Soto, J. (2000). « *L'école autrichienne : marché et créativité entrepreneuriale* » Traduit de l'espagnol par Rosine Létinier, Institut Charles Coquelin, Paris, 159p.

Huff, R.A., Corcoran, J.J., Anderson, J.K., Abou-Donia, M.B. (1994). Chlorpyrifos oxon binds directly to muscarinic receptors and inhibits cAMP accumulation in rat striatum. *American Society for Pharmacology and Experimental therapeutics*, 269: 329-335.

Huyghe, C. (2009). La multifonctionnalité des prairies en France II. Conciliation des fonctions de production et préservation de l'environnement. *Cahiers Agricultures*, 18(1): 7-16.

IITA (2002). *Market survey for vegetables biopesticides in Ghana and Benin: assessment of the competitiveness of vegetable production systems: case of cabbage and tomato, second output*. October-November 2002, IITA-DFID, 14p.

Ikerd, J. (1993). Two related but distinctly different concepts: Organic farming and sustainable agriculture. *Small Farm Today*, 10: 30-31.

INRAB (2006). Fiches techniques sur les légumes feuilles traditionnelles, Bénin.

INRS (2002). *Perturbateurs endocriniens et risques professionnels*, dossier medico-technique INRS Paris, 16p.

INSAE (2007). *Enquête Modulaire Intégrée sur les Conditions de Vie des ménages (EMICoV) Bénin 2006*. Rapport de synthèse, Cotonou, Bénin.

IPCS (2002), *Global assessment of the state of the science of endocrine disruptor*, WHO/PCS/EDS/02.2.

Source: http://www.who.int/ipcs/publications/new_issues/endocrine_disruptor/en/

James, B., Atcha-Ahowé, C., Godonou, I., Baimey, H., Goergen, G., Sikirou, M., Toko, M. (2010). *Gestion intégrée des nuisibles en production maraîchère : Guide pour les agents de vulgarisation en Afrique de l'Ouest*. Institut International d'Agriculture Tropicale (IITA), Ibadan, Nigeria, 120 p.

Joffre, O.M., Bosma, R.H. (2009). Typology of shrimp farming in Bac Lieu Province, Mekong Delta, using multivariate statistics. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 132: 153-159

Jonas, H. (1979), «The imperative of responsibility»: In *Search and Ethics for the Technological Age*, University of Chicago Press.

Jondrow, J., Lovell, C.A., Materov, I.S., Schmidt, P. (1982). On the Estimation of Technical Inefficiency in the Stochastic Frontier Production Function Model. *Journal of Econometrics*, 19:233-238.

Kaffo, C., Fongang, G. (2009). Les enjeux agricoles et sociétaux de l'eau sur les monts bamboutos (Caméroun). *Cahiers Agricultures*, 18(1): 17-25.

Kalfoun, F. (2005). *Le développement durable par l'exemple : le cas du changement climatique*.

Kaltenecker Retto de Queiroz, E., Waissmann, W. (2006). Occupational exposure and effects on the male reproductive system. *Cad. Saude Publica Rio de Janeiro*, 22: 485-493.

Kamel, F., Hoppin, J.A. (2004). Association of pesticide exposure with neurologic dysfunction and disease. *Environ Health Perspect*, 112:950-8.

Kane, G.Q. (2010). *Analyse des performances productives des exploitations familiales agricoles dans la localité de Zoetele au sud Caméroun*. Mémoire de DEA/Master en Economie rurale et de l'environnement, Université de Yaoundé II, Caméroun.

Kato, I., Watanabe-Meserve, H., Koenig, K.L., Baptiste, M.S., Lillquist, P.P., Frizzera, G., Burke, J.S., Moseson, M., Shore, R.E. (2004). Pesticide product use and risk of non-hodgkin lymphoma in women. *Environ Health Perspect*, 112: 1275-81.

Khan, D.A., Shabbir, S., Majid, M., Naqvi, T.A., Khan, F.A. (2009). Risk assessment of pesticide exposure on health of Pakistani tobacco farmers. *Journal of Exposure Science and Environmental Epidemiology*, 20: 196-204

Kihampa, C., Ram Mato, R., Mohamed, H. (2010). Residues of organochlorinated pesticides in soil from tomato fields, Ngarenanyuki, Tanzania. *Journal of Applied Science and Environmental Management*, 14(3): 37-40.

Kimberly, W.R., Seidler, F.J., Slotkin, T.A. (2001). Alterations in serotonin transporter expression in brain regions of rats exposed neonatally to chlorpyrifos. *Developmental Brain Research*, 130(1): 65-72.

Kin, C.M., Huat, T.G., Kumari, A. (2008). Application of solid-phase microextraction for the determination of pesticides in vegetable samples by gas chromatography with an electron capture detector. *The Malaysian Journal of Analytical Sciences*, 12(1), 1-9.

Kobou, G., Mougou, S., Ngoa Tabi, H. (2009). *L'efficacité du financement des micro et petites entreprises dans la lutte contre la pauvreté au Cameroun*, Colloque International, la vulnérabilité des TPE et des PME dans un environnement mondialisé.

Kovach, J., Petzoldt, C., Degni, J., Tette, J. (1992). A method to measure the environmental impact of pesticides. *Newyork's Food and Life Science Bulletin*, 139: 1-8.

Kumar, M.V., Desiraju, I. (1992). Effect of chronic consumption of methylparathion on rat brain regional acetylcholinestérase activity and on levels of biogenic amines. *Toxicology*, 75(1): 13-20.

Kumar, S. (2004). Occupational exposure associated with reproductive dysfunction. *J Occup Health*, 46:1-19.

Lakshmana, M.K., Raju, T.R. (1994). Endosulfan induces small but significant changes in the levels of noradrenaline, dopamine and serotonin in the developing rat brain and deficits in the operant learning performance. *Toxicology*, 91(2): 139-50.

Lallau, B., Dumbi, C. (2007). Un maraîchage de survie peut-il être durable? Quelques enseignements de la situation kinoise (République démocratique du Congo). *Cahiers Agricultures*, 16(6) : 485-90.

Landais, E. (1998). «Agriculture durable : les fondements d'un nouveau contrat social». *Courrier de l'environnement de l'INRA* 33 :5-22.

Latruffe, L. (2005). Les exploitations Polonaises à la veille de l'élargissement : efficacité des facteurs de production et structure financière. *Cahier d'économie et sociologie rurale*, 74 :6-25.

Lavabre, E.M. (1971). *Insectes nuisibles des cultures tropicales*. MaisonneuveLarose.

Lavabre, E.M., Decelle, J., Debord, P. (1963). *Recherche sur les variations de mirides en Côte d'Ivoire*. Café, cacao, thé, 1962-1963.

Laverdiere, C., Dion, S., Gauthier, F. (2007). *Bilan des plans de réduction des pesticides sur les terrains de Golf au Quebec*. Ministère de Développement Durable, de l'Environnement et des parcs, Juin 2007, 54 P.

Lazard, J., Baruthio, A., Mathé, S., Rhé-Valette, H., Chia, E., Aubin, J., Clément, O., Morissens, P., Mikolasek, O., Legendre, M., Levang, P., Blancheton, J-P., René, F. (2009). Adaptation des typologies d'exploitations aquacoles aux exigences du développement durable. *Cahiers Agricultures*, 18(2-3) : 199-210, doi:10.1684/agr.2009.0297

Le Petit Larousse (2003). Larousse, Paris.

Lebel, J. (2003). *La santé : une approche écosystémique*. Centre de Recherche pour le Développement International, Ottawa, Canada, 100 p.

Lemay-Boucher, P., Dagnelie, O. (2012). The divorced financial spheres of beninese spouses. *Journal of International Development*, 1: 1-13, doi :10.1002/jid.2839

Leveque, C. (1990). Impact de la lutte anti vectorielle sur l'environnement aquatique. *Ann Parasitol Hum Comp*, 65 : 119-124.

Levitan, L., Merwin, I., Kovach, J. (1995). Assessing the relative environmental impacts of agricultural pesticides: the quest for a holistic method. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 55: 153-168.

Lines, J.D. (1988). Do agricultural insecticides select for insecticide resistance in mosquitoes? A look at the evidence. *Parasitology Today*, 4(7): 17-20.

Linh, H.V. (1994). *Efficiency of Rice Farming Households in Vietnam: A DEA wit Bootstrap and Stochastic Frontier Application*, Department of Applied Economics, University of Minnesota.

Lintelmann, J., Katayama, A., Kurihara, N., Shore, L., Wenzel, A. (2003). Endocrine disruptors in the environment. *IUPAC Technical Report. Pure and Applied Chemistry*, 75:631-681.

Liu, B., Gao, H.M., Hong, J.S. (2003). Parkinson's disease and exposure to infectious agents and pesticides and the occurrence of brain injuries: role of neuroinflammation. *Environ Health Perspect*, 111:1065-73.

Lizardi, P.S., O'Rourke, M.K., Morris, R.J. (2007). The effects of organophosphate pesticide exposure on Hispanic children's cognitive and behavioral functioning. *Journal of Pediatric psychology*, 14.

London, L., Flisher, A.J., Wesseling, M.D., Mergler, D., Kromhout, H. (2005). Suicide and exposure to organophosphate insecticides: cause or effect? *American Journal of industrial Medecine*, 47(4): 308- 321.

López-Blanco, M.C., Cancho-Grande, B., Simal-Gándara, J. (2002). Comparison of solid-phase extraction and solid-phase microextraction for carbofuran in water analysed by high performance liquid chromatography-photodiode-array detection. *Journal of Chromatography A*, 963: 117-123.

Lopez-Cervantes, M., Torres-Sanchez, L., Tobias, A., Lopez-Carrillo, L. (2004). Dichlorodiphényltrichloroéthane burden and breast cancer risk: a meta-analysis of the epidemiologic evidence. *Environ Health Perspect*, 112: 207-14.

- Lopez-Fernandez, O., Rial-Otero, R., Gonzalez-Barreiro, C., Simal-Gándara, J. (2002). Surveillance of fungicidal dithiocarbamate residue in fruits and vegetables. *Food Chemistry*, 134(1): 366-374.
- Lund, T., Sæthre, M.G., Nyborg, I., Coulibaly, O., Rahman, M.H. (2010). Farmer Field School-IPM impacts on urban and peri-urban vegetable producers in Cotonou, Benin. *International Journal of Tropical Insect Science*, 30(1): 19-31.
- Madalla, G.S. (1983). *Limited-Dependent and Qualitative Variables in Econometrics*, Cambridge University Press, Cambridge. 401 p.
- Malezieux, E., Moustier, P. (2005). La diversification dans les agricultures du Sud: à la croisée de logiques d'environnement et de marché. *Cahiers d'études et de recherches francophones/Agricultures*, 14 (4) : 375-82.
- Marjorie, A.H. (1995). Multitactic resistance management: an approach that is long overdue ? *The Florida Entomologist*, 78(3) : 443-450.
- Marjorie, A.H. (1998). Myths, model and mitigation of resistance to pesticides. Philosophical Transactions. *Biological Sciences*, 353: 1787-1795.
- Markwiese, J.T., Rytí, R.T., Hooten, M.M., Michael, D.I., Hlohowskyj, I. (2001). Toxicity bioassays for ecological risk assessment in arid and semiarid ecosystems. *Reviews of Environmental Contamination and Toxicology*, 168: 43-98.
- Marsh, J.S. (1997). The policy approach to sustainable farming systems in the EU. *Agric. Ecosyst. Environ*, 64:103-114.
- Martin, T. (2008). *Analyse de la teneur résiduelle en insecticide dans les légumes et le sol des périmètres maraîchers de Toligbé et Agbanzinkpota*. Document IRD/CREC, Bénin 2008.
- Martin, T., Ochou, G.O., Djihinto, A., Traore, D., Togola, M., Vassal, J.M., Vaissayre, M., Fournier, D. (2005). Controlling an insecticide-resistant bollworm in west Africa. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 107:409-411.
- Martin, T., Ochou, G.O., Hala-N'Klo, F., Vassal, S.M., Vaissayre, M. (2000). Pyrethroid resistance in the cotton bollworm, *Helicoverpa armigera* (Hübner). *West Africa. Pest Manag Sci*, 56: 549-554.
- Martin, T., Chandre, F., Chabi, J., Guillet, P. F., Akogbeto, M., Hougard, J. M. (2007). A Biological Test to Quantify Pyrethrinoid in Impregnated Nets. *Tropical Medicine and International Health*, 12(2): 1-6.

Maslinska, D., Lewandowska, I., Prokopczyk, J. (1981). Effect of prolonged acetylcholinesterase inhibition on postnatal brain development in rabbit. Level of serotonin in different brain regions. *Acta Neuropathol Suppl*, 7: 52-5.

McDuffie, H.H., Pahwa, P., McLaughlin, J.R., Spinelli, J.J., Fincham, S., Dosman, J.A., Robson, D., Skinnider, L.F., Choi, N.W. (2001). Non hodgkin's lymphoma and specific exposures in men: Cross-Canada study of pesticides and health. *Cancer Epidemiol Biomarkers Prev*, 10: 1155-63.

Meadows, D.H., Meadows, D.L., Randers, J., Behrens, W.W. (1972), *The Limits to Growth: A Report for the club of Rome's project on the predicament of mankind*: New York: Universe Books.

Mearns, J., Dunn, J., Lees-Haley, P.R. (1994). Psychological effects of organophosphate pesticides: a review and call for research by psychologists. *Journal of clinical Psychology*, 50(2): 286-294.

Mebratu, D. (1998). Sustainability and Sustainable development: historical and conceptual review. *Environmental Impact Assessment Review*, 18: 493-520.

Meeker, J.D., Ryan, L., Barr, D.B., Hauser, L. (2006). Exposure to nonpersistent insecticides and male reproductive hormones. *Epidemiology*, 17: 61-8.

Meeker, J.D., Ryan, L., Barr, D.B., Herrick, R.F., Bennett, D.H., BRAVO, R., HAUSER, R. (2004). The relationship of urinary metabolites of carbaryl/naphthalene and chlorpyrifos with human semen quality. *Environ Health Perspect*, 112: 1665-70.

Meeusen, W., van den Broeck, J. (1977). Efficiency estimation from Cobb-Douglas production functions with composed error. *International Economic Review*, 18: 435-444.

Menegaux, F., Baruchel, A., Bertrand, Y., Lescoeur, B., Leverger, G., Nelken, B., Sommelet, D., Hemon, D., Clavel, J. (2006). Household exposure to pesticides and risk of childhood acute leukaemia. *Occup Environ Med*, 63: 131-4.

M'Hamdi, N., Aloulou, R., Hedhly, M., Ben Hamouda, M. (2009). Evaluation de la durabilité des exploitations laitières tunisiennes par la method IDEA. *Biotechnol. Agron. Soc*, 2(13) : 221-228.

Monke, E.A., Pearson, S. R. (1989). *The policy analysis matrix for agricultural development*. Cornell University Press, Ithaca, N.Y. 201p New York, USA

Moreau, L. (1999). *Analyse de la méthode des indicateurs de durabilité des exploitations agricoles*. Mémoire de Fin d'études. Enita de Clermont Ferrand.

Mouches, C., Pauplin, Y., Agarwal, M., Lemieux, L., Herzog, O., de Saint Vincent, T.B.R., Georgiou, G.P., Pasteur, N. (1990). Characterization of amplification core and esterase B₁ gene responsible for insecticide resistance in culex. *Proc Natl Acad Sci USA* Apr, 87(7): 2574-8.

Mouchet, J. (1998). Agriculture and vector resistance. *Insect Sci. Applic*, 9(3) : 297-302.

Moustier, P. (1997), 'Le périurbain en Afrique : une agriculture en marge ? ', in *Economie Rurale*, n°241, 48-55

Moustier, P. Salam, A. (2004). Les dynamiques de l'agriculture urbaine :caractérisation et evaluation In: *Développement durable de l'agriculture urbaine en Afrique francophone : Enjeux, concepts et méthodes*. CIRAD, CRDI, MAE, ISRA, Paris France, pp 23-37

Moustier, P., Mbaye, A. (1999). Introduction générale In *Agriculture périurbaine en Afrique subsaharienne*, Colloques, Moustier P. et al. (éds.), Montpellier, France, CIRAD,pp. 7-17

Multigner, L. (2005). Effets retardés des pesticides sur la santé humaine. *Environnement, risques et santé*, 4 : 187-194.

Muhanji, G., Roothaert, R.L., Webó, C., Stanley, M. (2011). African indigenous vegetable enterprises and market access for small-scale farmers in East Africa. *International Journal of Agricultural sustainability*, 9(1): 194-202.

Muturi, E.J., Jacob, G.B., Shililu, J., Novak, R. (2007). Laboratory studies on the effect of inorganic fertilizers on survival and development of immature *Culex quinquefasciatus* (Diptera: Culicidae). *Journal of Vector Borne Disease*, 44 : 259-265.

Muzingu Nzolameso, B. (2006). *Dynamique d'une agriculture urbaine à Kinshasa/RD Congo /Alternative à la sécurité alimentaire : cas de la filière maraîchère*. DEA de la Faculté universitaire des sciences agronomiques de Gembloux, Belgique.

Mwangi, A.M. (1995). *The role of urban agriculture for food security in low income areas in Nairobi*. Unit of Applied Nutrition, Department of Food Technology and Nutrition, College of Agriculture and Veterinary Services, University of Nairobi, Kenya

Ndienor, M., Aubry, C. (2004). Vegetable farming systems in the urban district of Antananarivo (Madagascar): Constraints and assets of the urban proximity. *Cahiers Agricultures*, 13(1): 50-7.

Nissen, T.M., Midmore, D.J., Keeler, A.G. (2001). Biophysical and economic tradeoffs of intercropping timber with food crops in the Philippine uplands. *Agricultural Systems*, 67: 49-69.

Njomaha, C. (2002). *Durabilité des systèmes de culture dans l'extrême nord Cameroun dans Savanes africaines : des espaces en mutation, des acteurs face à de nouveaux défis*. Actes du colloque Garoua, 27-31 mai 2002, 10p.

Nkamleu, G.B. (2004a). L'échec de la croissance de la productivité agricole en Afrique Francophone. *Economie Rurale*, 279 :55-67.

Nkamleu, G.B. (2004b). Productivity growth, technical progress an efficiency change in african agriculture. *African Development Review*, 16:203-222.

Nuama, E. (2006). Mesure de l'efficacité technique des agricultrices de cultures vivrières en Côte-d'Ivoire. *Economie rurale*, 296 :39-53.

Nyemeck, B.J. (2004). *Analyse des performances productives des exploitations agricoles de la région du centre Cameroun*.

Nyemeck, B.J., Gockowski, J., Nkamleu, G.B. (2008). Technical efficiency and productivity Potential of Cocoa Farmers in West African Countries. *The Developing Economies*, 3:242-63.

Nyemeck, B.J., Sylla, K., Diarra, I., Nyambi, G. (2003). Factors affecting technical efficiency among coffee farmers in Côte d'Ivoire: an Evidence from the Centre West Region. *African Development Review*, 15:110-127.

Nyemeck, J.B., Tonyè, J.N., Wandji, N., Nyambi, G., Akoa, M. (2004). Factors affecting the technical efficiency among smallholder farmers in a slash and burn agriculture zone of Cameroon, *Food Policy*, 24:531-545.

Nyoré, N. (2009). *Performances économiques des exploitations familiales agricoles à base de bananier plantain dans le sud Cameroun*, Mémoire de DEA-NPTCI, Université de Yaoundé II - Soa.

Obopile, M., Munthali, D.C., Matilo, B. (2008). Farmers' knowledge, perceptions and management of vegetable pests and diseases in Botswana. *Crop Prot*, 27: 1220-4.

OCDE (1993). *OCDE Monographies sur l'environnement N°83. Le corps central d'indicateurs de l'OCDE pour les examens des performances environnementales*. Paris 41p.

Ogundari K. (2008). Resource-Productivity, allocative efficiency and determinants of technical efficiency of rainfed rice farmers: A guide for food security policy in Nigeria. *Agric.Econ-Czech*, 54(5):224-233

OMS (1973). *Sécurité d'emploi des pesticides*. Séries de rapports techniques 513.

OMS (2003). Directives pour l'évaluation des besoins de la lutte anti vectorielle. Bureau régional pour l'Afrique, unité de biologie des vecteurs et lutte anti vectorielle, Harare, 24p.

OMS (2003). Principes directeurs pour la gestion des pesticides utilisés en santé publique. Rapport d'une consultation interrégionale de l'OMS. Chiang Mai, Thailand 2003, 63p .

Osman, K.A., Al-Humaid, A.M., Al-Rehiyani S.M., Al-Redhaiman, K.N. (2010). Monitoring of pesticide residues in vegetables marketed in Al-Qassim region, Saudi Arabia. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 73: 1433-1439.

Otoidobiga, L.C., Vincent, C., Stewart, R. (2002). Susceptibility of field populations of adult *Bemisia tabaci gennadius* (Homoptera: Aleyrodidae) and *Eretmocerus sp* (Hymenoptera: Aphelinidae) to cotton insecticides in Burkina Faso (West Africa). *Pest Manag Sci*, 59: 97-106.

Ouédraogo, M.B. (2009). *Problématique de l'accès à la terre et de la sécurisation foncière : cas des cultures maraîchères à Nouma*. Mémoire ENAM, Burkina-Faso.

PADAP (2003). *Programme d'Appui au Développement Agricole Périurbain au Sud-Bénin*, étude de faisabilité. Tome 2, IIED, Bénin 158p.

Padounou, C.S.J. (2008). *Analyse compare du revenue et de sa distribution entre les producteurs de tomate utilisant les biopesticides et les pesticides chimiques en zones périurbaines du sud-Bénin*, Thèse d'Ingénieur agronome, Université de Parakou.

Palma, P., Alvarenga, P, Palma, V., Matos, C., Fernandes, R.M., Soares, A., Barbosa, I.R. (2010). Evaluation of surface water quality using an ecotoxicological approach: a case study of the Alqueva Reservoir (Portugal). *Environmental Science and Pollution Research*, 17(3) : 703-716.

PAN and IPEN (2008). *Interdiction de l'Endosulfan dans les Pays du Sahel en Afrique de l'Ouest*, Octobre 2008.

Payraudeau, S. (2005). *Recherche d'indicateurs spatiaux de la pollution diffuse d'origine agricole par les produits phytosanitaires à l'échelle départemental, application au département du GERS*. DEA Sciences de l'eau dans l'environnement continental, Cemagref, Laboratoire commun de télédétection 74 p.

Pazou, E. Y. A., Boko, M., Van Gestel, C. A. M., Ahissou, H., Laleye, P., Akpona, S., Van Hattum, B., Swart, K., Van Straalen, N. M. (2006a). Organochlorine and Organophosphorous

Pesticide Residues in the Ouémé River Catchment in the Republic of Benin. *Environment International*, 32(5): 616-623.

Pazou, E. Y. A., Laleye, P., Boko, M., Van Gestel, C. A. M., Ahissou, H., Akpona, S., Van Hattum, B., Swart, K. Van Straalen, N. M. (2006b). Contamination of Fish by Organochlorine Pesticide Residues in the Ouémé River Catchment in the Republic of Bénin. *Environment International*, 32: 594-599.

Pearce, D., Markyanda, E., Barbier, D. (1989). *Blueprint for a green economy*. London, Earthscan.

PEEM (1987). *Report of the 7th Meeting*, WHO Document VBC/87(2): 72 p.

Peebles, E.S., Schopfer, L.M., Duysen, E.G., Spaulding, R., Voelker, T. Thompson, C.M., Lockridge, O. (2005). Albumin, a new biomarker of organophosphorus toxicant exposure, identified by mass spectrometry. *Toxicological Sciences*, 83(2): 303-312.

Peigne, J. (1999). *Indicateurs de durabilité des exploitations agricoles. Test de la méthode IDEA dans le sud-ouest de la France*. Mémoire de fin d'étude, Rennes, Cemagref.

Pervanchon, F. (2005). L'arbre de l'exploitation agricole durable : Construire en groupe son projet d'agriculture durable. *Travaux et Innovations*, 110 :5-8.

Picard, P. (1994). *Eléments de microéconomie*, théorie et application, Montchrestien.

Pimentel, D., Acquay, H., Biltonem, M., Rice, P., Silva, M., Nelson, J., Lipner, S., Giordan, S., Horowitz, A., D'Amore, M. (1993). Assessment of environmental and economic impacts of pesticide use. In: Pimentel D and Lehman H. The pesticides question, environment, economics and ethics. New York : Routledge, Chapman and Hall, 1993.

Piot-Lepetit, P., Rainelli, P. (1996). *Détermination des marges de manoeuvre des élevages à partir de la mesure des inefficacités*, INRA Unité d'Economie et Sociologie Rurales. *politique et de l'impôt*, Flammarion, Paris, 508 p.

Pogoda, J.M., Preston-Martin, S. (1997). Household pesticides and risk of pediatric brain tumors. *Environ Health Perspect*, 105: 1214-20.

Pose-Juan, E., Cancho-Grande, B., Rial-Otero, R., Simal-Gándara, J. (2006). The dissipation rates of cyprodinil, fludioxonil, procymidone and vinclozoline during storage of grape juice. *Food Control*, 17(12): 1012-1017.

Pretty, J., Toulmin, C., Williams, S. (2011). Sustainable intensification in African agriculture. *International Journal of Agricultural Sustainability*, 9(1): 5-24. doi.org/10.3763/ijas.2010.0583

Probst, L., Adoukonou, A., Amankwah, A., Diarra, A., Vogl, C.R., Hauser, M. (2012b). Understanding change at farm level to facilitate innovation towards sustainable plants protection: a case study at cabbage production sites in urban West Africa. *International Journal of Agricultural Sustainability*, 1: 1-20. doi.org/10.1080/ijas.14735903.2012.649589

Probst, L., Houedjofonon, E., Ayerakwa, H.M., Haas, R. (2012a). Will they buy it? The potential for marketing organic vegetables in the food vending sector to strengthen vegetable safety: a choice experiment study in three west Africa cities. *Food Policy*, 37(3) : 296-308.

PSRSA (2009). *Plan Stratégique de Relance du Secteur Agricole au Bénin*, version 2009, 173p.

Raaschou-Nielsen, O., Pavuk, M., Leblanc, A., Dumas, P., Philipe Weber, J., Olsen, A., Tjonneland, A., Overvad, K., Olsen, J.H. (2005). Adipose organochlorine concentrations and risk of breast cancer among postmenopausal Danish women. *Cancer Epidemiol Biomarkers Prev*, 14: 67-74.

Radonski, J., Astolfi, E., Deichmann, W., Rey, A. (1971). Blood levels of organochlorine pesticides. in Argentina: occupationally and non occupationally exposed adults, children and newborn infants. *Tox. Appl. Pharmacol*, 186: 20.

Rauh, V.A., Garfinkel, R., Perera, F.P., Andrews, H.F., Hoepner, L., Barr, D.B., Whitehead, R., Tang, D., Whyatt, R. (2006). Impact of prenatal chlorpyrifos exposure on neurodevelopment in the first 3 years of life among Inner-City children. *Pediatrics*, 118: 1845-1859.

Reboul, C. (1976). Mode de production et système de culture et d'élevage. In : *Economie rurale n°112* ; pp. 55 - 65.

Redclift, M. (1992). The meaning of sustainable development. *Geoforum*, 23:395-403.

Reddy, V.R., Behera, B. (2006). Impact of water pollution on rural communities: an economic analysis. *Ecological Economics*, 58: 520-537.

République du Bénin (2007). Programmes d'Actions Prioritaires de la Stratégie de Croissance pour la Réduction de la Pauvreté (SCRP 2007-2009).

Rial-Otero, R., Cancho-Grande, B., Simal-Gándara, J. (2002). Multiresidue method for fourteen fungicides in white grapes by liquid-liquid and solid-phase followed by liquid chromatography-diode array detection. *Journal of Chromatography A*, 992: 121-131

Rial-Otero, R., Yagüe-Ruiz, C., Cancho-Grande, B., Simal-Gándara, J. (2002). Solid-phase microextraction-gas chromatographic-mass spectrometric method for the determination of the fungicides cyprodinil and fludioxonil in white wines. *Journal of Chromatography*, 942(1-2) : 41-52.

Ricardo, D. (1992). Traduction de l'édition anglaise de 1821, *Des principes de l'économie*.

Richmond, J. (1974). Estimating the Efficiency of Production. *International Economic Review*, 15:515-521.

Rigby, D., Caceres, D. (2001). Organic farming and the sustainability of agricultural systems. *Agric.Syst*, 68:21-40.

Rigby, D., Woodhouse, P., Young, T., Burton, M. (2001). Constructing a farm level indicator of sustainable agricultural practice. *Ecological Economics*, 39:463-478.

Romain, R., Lambert, R. (1995). Efficacité technique et coûts de production dans les secteurs laitiers du Québec et de l'Ontario. *Canadian Journal of Agricultural Economics*, 43 :37-35.

Rosendahl, I., Laabs, V., Atcha-Ahowé, C., James, B., Amelung, J. (2009). Insecticide dissipation from soil and plant surfaces in tropical horticulture of southern Benin, West Africa. *Journal of Environmental Monitoring*, 11: 1157-1164.

Rossing, W.A.H., Jansma, J.E., de Ruijter, F.J., Schans, J. (1997). Operationalising sustainability: exploring options for environmentally friendly flower bulb productions systems. *Eur. J. Plant Pathol* 103:217-234.

Roussel, O., Cavelier, A., van der Werf, H.M.G. (2000). Adaptation and use of a fuzzy expert system to assess the environmental effect of pesticides applied to field crops. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 80: 143-158.

Ruthenberg, H. (1980). *Farming Systems in the Tropics*, Clarendon Press, Oxford, Third edition, pp. 1-18, pp. 184-211

Sæthre, M.G., Svendsen, N.O., Holen, B., Assogba-Komlan, F., Godonou, I. (2011). Pesticide residues analysis for three vegetable crops for urban consumers in Benin. *Bioforsk Report*, 6: 1-29.

Salam, M.T., Li, Y.F., Langholz, B., Gilliland, F.D. (2004). Early-life environmental risk factors for asthma: findings from the children's health study. *Environ Health Perspect*, 112:760-5.

Samuel, O., St Laurent, L. (2006). *Profil toxicologique du 2-4-D et risques à la santé associés à l'utilisation de l'herbicide en milieu urbain*. Groupe scientifique sur les pesticides. Direction de la toxicologie humaine. INSP du Québec 2006.

Samuel, O., Dion, S., St Laurent, L., April, M.H. (2007). *Indicateur de risque des Pesticides du Québec- IRPeQ Santé et Environnement Québec*. Québec : Ministère de l'Agriculture, des pêcheries et de l'alimentation/Ministère de développement Durable, de l'environnement et des Parcs/Institut national de Santé Publique du Québec.

Sanborn, M., Cole, D., Kerr, K., Akil, C., Sanin, L. H., Bassil, K. (2004). *Pesticides Literature Review*, Ontario College of Family Physicians, Toronto, 186 P.

Sanny, S.M. (2002). *Contribution à l'amélioration des rendements et de la qualité des cultures maraîchères (détection de biocontaminants et agents toxiques) cas du périmètre maraîcher de Houeyiho à Cotonou*. Mémoire pour l'obtention du Diplôme d'Ingénieur des travaux. CPU/UAC, Bénin.

Sanogo, O.M., de Ridder, N., van Keulen, H. (2010). Diversité et dynamique des exploitations agricoles mixtes agriculture-élevage au sud du Mali. *Cahiers Agricultures*, 19(3) : 185-193, doi:10.1684/agr.2010.0401

Santos, C. A. F., and Simon, P. W. (2006). Heritabilities and minimum gene number estimates of carrot carotenoids. *Euphytica*, 151(1) : 79-86.

SCRP 2007-2009. Programme d'actions prioritaires de la Stratégie de croissance et de réduction de la pauvreté au Bénin 2007-2009, 63p.

Settle, W., Garba, M.H. (2011). Sustainable crop production intensification in the Senegal and Niger river basins of francophone West Africa. *International Journal of Agricultural Sustainability*, 9(1): 171-185, doi.org/10.3763/ijas.2010.0559

Shaller, N. (1993). The concept of agricultural sustainability. *Agric.Ecosyst.Environ*, 46:89-97.

Simeni Tchuinte, G.M. (2005). *Etude socioéconomique des systèmes de production maraîchère en zone urbaine et périurbaine de la ville de Djougou (Département de la Donga)*, Thèse d'Ingénieur agronome, Université d'Abomey-calavi.

Singbo, G. A., Nouhoheflin, T., Idrissou, L. (2004). *Etude des perceptions sur les ravageurs des légumes dans les zones urbaines et périurbaines du sud Bénin*. Projet Légumes de qualité, Rapport d'activités, IITA-INRAB-OBEPAB, 21 p

Singbo, G.A., Lansink, O.A. (2010). Lowland farming system inefficiency in Benin West Africa: directional distance and truncated bootstrap approach. *Food Sec*, 2:367-382. Doi:10.1007/s12571-010-0086-z

Smirle, M., Lowery, D.T., Zurowsky, C.L. (2003). Variation in response to insecticides in two species of univoltine leafrollers(Lepidoptera, Tortricidae). *Canadian Entomologist*, 135: 117-127.

Smulders, C.J.M., Bueters, T.J.H., Vailati, S., van Kleef, G.D.M., Vijverberg, H.P.M. (2004). Block of neuronal nicotinic acetylcholine receptors by organophosphate insecticides. *Toxicological Sciences*, 82(2): 545- 554.

Sneddon, C., Howarth, R.B., Norgaard, R.B. (2006). Sustainable development in a post-Brundtland world. *Ecological economics*, 57: 253-268.

Snelder, D.J., Masipiquena, M.D., de Snoo, G.R. (2008). Risk assessment of pesticide usage by smallholder farmers in the Cagayan Valley (Phillipines). *Crop protection*, 27: 747-762.

Socio, H.H. (2004). *Résultats d'analyses chimiques et Toxico chimiques sur des échantillons de produits maraîchers (Légumes et fruits) et d'aliments vendus et /ou consommés dans la ville de cotonou*. Projet d'appui à la mise en place d'une stratégie Nationale de réduction de l'impact de la pollution Urbaine sur la sécurité alimentaire (projet conjoint FAO-MEHU TCP / BEN / 2904 A) BENIN, 31p.

Sousa Passos, C. J. (2006). Exposition humaine aux pesticides : un facteur de risques pour le suicide au Brésil ? *VertigoO- La revue en sciences de l'environnement*, 17 (1) : 18p.

Srour, G. (2006). *Amélioration durable de l'élevage des petits ruminants au Liban*. Thèse de Doctorat de l'Institut National Polytechnique de Lorraine, 290p.

Tanko, J. A., Oluwadamisi, E. A., Abubakar, J. (2012). Agrochemical concentration level in Zaria Dam reservoir and ground waters in the environs. *Journal of Environmental Protection*, 3, 225-32. doi: 10.4236/jep.2012.32028.

Tasei, J.N. Impact des pesticides sur les abeilles et les autres pollinisateurs. INRA, Laboratoire de zoologie, France. <http://www.beekeeping.com/articles/fr/tasei.htm>

Temple, L., Moustier, P. (2004). Les fonctions et contraintes de l'agriculture périurbaine de quelques villes africaines (Yaoundé, Cotonou, Dakar). *Cahiers Agricultures*, 18(1): 15-22.

Thiam, A., Bravo-Ureta, B.E., Rivas, T.E. (2001). Technical Efficiency in Developing Country Agriculture a Meta-analysis. *Agricultural Economics*, 25:235-243.

- Thiam, M., Touni, E. (2009). Pesticide poisoning in West Africa. *Pesticides News*, 85: 3-4.
- Thrasher, J.D., Madison, R., Broughton, H. (1993). Immunologic abnormalities in humans exposed to chlorpyrifos: preliminary observations. *Arch Environ Health*, 48:89-93.
- Tiamiyou, T., Sodjinou, E. (2003). *Etude diagnostic des filières maraîchères de la vallée du fleuve Niger*, Rapport d'étude, 125p.
- Tittonnel, P., Muriuki, A., Shepherd, K.D., Mugendi, D., Kaizzi, K.C., Okeyo, J., Verchot, L., Coe, R., Vanlauwe, B. (2010). The diversity of rural livelihoods and their influence of soil fertility in agricultural systems of East Africa-A typology of smallholder farms. *Agricultural Systems*, 103: 83-97
- Tokannou, R., Quenum, R. (2007). Etude sur le sous secteur maraîchage au sud Bénin, Rapport final, AD consult, PAIMAF, 122p.
- Tomenson, J.A., Matthews, G.A. (2009). Causes and types of health effects during the use of crop protection chemicals: data from a survey of over 6,300 smallholder applicators in 24 different countries. *Int Arch Occ Env Hea*, 82 : 935-49.
- Ton, P., Tovigan, S., Vodouhe, S.D. (2000). Intoxications et Morts au Bénin par l'Endosulfan. In: *Pesticides & Alternatives. Bulletin de Pesticide Action Network Africa*, N. 10-Avril, 2000.
- Tourneux, H. (1993), *Une évaluation de l'efficacité des pictogrammes phytosanitaires dans la protection contre les risques liés à l'utilisation des pesticides en Afrique*, 16p.
- Traore, S.K., Mamadou, K., Dembele, A., Lafrance, P., Mazelliert, P., Houenou, P. (2006). Contamination de l'eau souterraine par les pesticides en régions agricoles en Côte-d'Ivoire (centre, Sud et Sud Ouest). *Journal Africain des Sciences de l'environnement*, (1) : 1-9.
- UNITED NATIONS (1992). Report of the United Nations Conference on Environment and Development. *General assembly, A/CONF. 151/26*, Vol. I, 1992.
- US EPA (2005). *Reregistration Eligibility Decision for Endosulfan*, November 2002.
- Vaissayre, M., Ochou, G.O., Hema, O.S.A., Togola, M. (2006). Quelles stratégies pour une gestion durable des ravageurs du cotonnier en Afrique subsaharienne ? *Cahiers Agricultures*, 15(1) :80-84.
- Valcke, M., Samuel, O., Belleville, D. (2003). *Evaluation de l'exposition des enfants utilisés en milieux résidentiels. Direction des risques biologiques, environnementaux et occupationnels*. Institut National de Santé Publique, Quebec 2003, 49p.

Van der Werf, H.M.G. (1996). Assessing the impact of pesticides on environment. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 60: 81-96.

Van der Werf, H.M.G., Zimmer, C. (1998). An indicator of pesticide environmental impact based on a fuzzy expert system. *Chemosphere*, 36(10): 2225-49.

van der Werf, H.M.G., Petit, J. (2002). Evaluation of the environmental impact of agriculture at the farm level: a comparison and analysis of 12 indicator-based methods. *Agric.Ecosyst.Environ*, 93:131-145.

Vasilic, Z., Drevenkar, V., Frobe, Z., Stengl, B., Tkalcevic, B. (1987). The metabolites of organophosphorus pesticides in urine as an indicator of occupational exposure. *Toxicological and Environmental Chemistry*, 14:111- 127.

Vayssiere, P. (1956). *La lutte biologique contre les ennemis de cultures*. CRA Agric. Fr.+1.

Vereijken, P. (1997). A methodical way of prototyping integrated and ecological arable farming systems (I/EAFS) in interaction with pilot farms. *Eur. J. Agron*, 7:235-250.

Viaux, P. (2003). Pour une agriculture durable. Vous avez dit durable, mais est-ce vraiment mesurable ? *Arvalis, Revue Perspectives Agricoles*, 295 :18-24.

Viaux, P. (1999). *Une troisième voie en Grande Culture : Environnement, qualité, rentabilité*. Paris, Editions Agridécisions.

Victor, T.J., Reuben, R. (2000). Effects of organic and inorganic fertilizers on mosquito populations in rice fields of southern India. *Med Vet Entomol*, 14(4), 361-368.

Vigouroux-Villard, A. *Niveau d'imprégnation de la population générale aux pesticides: selection à mesurer en priorité*. Master professionnel Evaluation et gestion des risques sanitaires liés à l'environnement, Université Paris 5 et Université Paris-sud 11.

Vilain, L., Boisset, K., Girardin, P., Guillaumin, A., Mouchet, C., Viaux, P., Zahm, F. (2003). *La méthode IDEA, Indicateurs de Durabilité des Exploitations Agricoles. Guide d'utilisation*. Educagri éditions, Dijon, France 2003.

Vilain, L., Boisset, K., Girardin, P., Guillaumin, A., Mouchet, C., Viaux, P., Zahm, F. (2008). *La méthode IDEA, Guide d'utilisation*. Troisième édition Educagri, Dijon, France

Voccia, I., Blakley, B., Brousseau, P., Fournier, M. (1999). Immunotoxicity of pesticides. *Review. Toxicol Ind Health*, 15:119-32.

Wade, C.S. (2003). *L'utilisation des pesticides dans l'agriculture périurbaine et son impact sur l'environnement*. Thèse de Pharmacie, Dakar, 55 P.

Wall, D. (1994). *Green History*, London : Routledge.

Wauchope, R.D., Buttler, T.M., Hornsby, A.G., Beckers, P.W.M., Burt, J.P. (1992). Pesticide properties database for environmental decision making. *Rev Environ Contam Toxicol*, 123: 1-157.

WHO (2005). *The WHO recommended classification of pesticides by hazard and guidelines to classification*, 2005: <http://www.who.int/ipcs/publications/pesticides_hazard_rev_3.pdf>

WHO. (1986), *WHO Tech. Rep. Ser 737*, 87 p.

WHO.WHO Tech. Rep. Ser 1986, 737, 87 p.

Williams, S., Garba, M.H. (2011). Sustainable crop production intensification in the Senegal and Niger river basins of francophone West Africa. *International Journal of Agricultural Sustainability*, 9(1): 171-185. doi.org/10.3763/ijas.2010.0559

Williamson, S., Ball, A., Pretty, J. (2008). Trends in pesticide use and drivers for safer pest management in four African countries. *Crop Protection*, 27:1327-1334.

Wise & Loveys Information Services Ltd. The e-Pesticide manual 2000-2001 (Twelve Edition) version 2.0 Editor: CDS Tomlin; British Crop Protection Council.

Yazgan, M.S., Tanik, A. (2005). A new approach for calculating the relative risk level of pesticides. *Environment International*, 31: 687-692.

Zahm, F., Viaux, P., Vilain, L., Girardin, P., Mouchet, C. (2004). *La méthode IDEA (Indicateurs de durabilité des exploitations agricoles) : une méthode de diagnostic pour passer du concept de durabilité à son évaluation à partir d'indicateurs*. PEER Conférence Helsinki, 14 p.

ANNEXE

1. LISTE ARTICLES PUBLIES ET SOUMIS

Ahouangninou C, Fayomi BE, Martin T. (2011), Evaluation des risques sanitaires et environnementaux des pratiques phytosanitaires des producteurs maraîchers dans la commune rurale de Tori-Bossito au Sud-Bénin. *Cah Agric*, 20 (3) : 216-22. doi : 10.1684/agr.2011.0485

Ahouangninou C, Martin T, Edoth P, Bio-Bangana S, Samuel O, St-Laurent L, Dion S, Fayomi B. (2012), Characterization of health and environmental risks of pesticide use in market-gardening in the rural city of Tori-Bossito in Benin, West Africa. *Journal of Environmental Protection*, 3: 241-48. doi: 10.4236/jep.2012.33030

Ahouangninou C., Martin, T., Bio-Bangana, S., Huat, J., Parrot, L., Vidogbéna, F., Medali, D., Houssou, C., Edoth, P., Boko, M., Fayomi, B. (2012), Characterization and diversity of the market-gardening production systems and their interactions with urban and peri-urban environment in southern-Benin, West Africa (Article soumis à *International Journal of Agricultural Sustainability*).

Ahouangninou C, Martin T, Assogba-Komlan F, Simon S, Djogbénu L, Siddick I, Assogba B, Pennetier C, Akogbéto M, Corbel V, Fayomi B. (2012), Using *Aedes aegypti* larvae to assess pesticide contamination of soil, groundwater and vegetables in southern-Benin. (Article soumis à *British Biotechnology Journal*).

Bio-Bangana S., Boko M., Edoth P, Djogbénu L, Ahouangninou C, Boussari O, Houssou C, Akogbéto M. (2012), Impact of water provision from the marshes on the culicidae proliferation in Tori-Bossito, Benin Republic. *Continental Journal of Sustainable Development*, 3(1): 39-46

Bio-Bangana S, Houssou C, Osse R, Edoth P, Djogbénu L, Ahouangninou C, Boko M, Akogbéto M. (2012), Characterization of mosquito fauna in the sanitary district Ouidah-Kpomasse-Tori Bossito in Benin. *International Journal of Biosciences*, 2(5): 31-39

2. ARTICLES EN PREPARATION

Ahouangninou C., Martin, T., Edoth, P., Kpenavoun, S., Assogba-Komlan, F., Huat, J., Boko, W., Houssou, C., Boko, M., Fayomi, B. (2012), Evaluation de la durabilité de la production maraîchère au sud du Bénin (Article en préparation pour *VERTIGO_UQAM*).

3. COMMUNICATIONS SCIENTIFIQUES ET POSTERS

Ahouangninou C, Martin T, Fayomi BE. (2009), Présentation du Projet d'évaluation de la durabilité des exploitations maraîchères au sud-Bénin, Atelier DIVECOSYS, CIRAD 2009.

Ahouangninou C, Martin T, Fayomi BE. (2010), Analyse des risques sanitaires et environnementaux des pratiques phytosanitaires des maraîchers dans la commune de

Tori-Bossito au sud-Bénin. 1^{ère} Rencontre Africaine des Chercheurs et Acteurs en Approche Écosystémique et Santé Humaine. CRDI, CEDEAO, PNUE, OMS, Cotonou 2010.

Ahouangninou C. (2011), Etude du risque de contamination des choux par des résidus de pesticides dans le Mono et le Couffo au Sud-Bénin (Culture sous filet vs culture traditionnelle), Rapport FAFA/CTB/CeRPA Mono-Couffo, Juin 2011, 28p.

Ahouangninou C, Martin T. (2011), Des larves de moustique pour évaluer le risque de contamination des légumes par les pesticides. Concours poster SCAC-CIRAD-IRD, Cotonou, Septembre 2011.

Ahouangninou C, Martin T, Fayomi BE. (2011), Evaluation du risque de contamination des produits maraîchers par les pesticides à l'aide de bioindicateurs. Communication scientifique, Atelier Agriculture et Santé, SCAC, Ambassade de France, Cotonou, 14-16 Septembre 2011.

Ahouangninou C, Martin T, Fayomi BE. (2012), Usage des produits phytosanitaires en maraîchage au sud-Bénin : Evaluation des risques sanitaires et environnementaux. Mini-Symposium de Santé au travail et Environnement, Association Africaine de Santé au Travail, Université d'Abomey-calavi, Université libre de Bruxelles, 3-4 Février 2012.

Ahouangninou C, Martin T, Fayomi BE. (2012), Maraîchage au Bénin : Produire sain dans un environnement sain. Atelier Sous-Régional des Maraîchers, COPES, ECOSANTE, ISBA, 29-31 Octobre 2012.

4. INDICATEUR DE RISQUE DES PESTICIDES DU QUEBEC (IRPeQ)

L'indicateur de risque des pesticides du Québec calcule le risque pour la santé et le risque pour l'environnement des pesticides.

Indice de risque pour la santé (IRS)

L'IRPeQ-Santé tient compte des principaux critères de toxicité aiguë et de toxicité chronique des matières actives, ainsi que du potentiel de persistance dans l'environnement et de bioaccumulation dans l'organisme humain. De plus, il tient compte de certaines particularités des préparations commerciales et des techniques d'application, tout en considérant les quantités utilisées lors de la détermination du risque des pesticides. Il calcule un indice de risque pour la santé (IRS) qui représente le risque potentiel d'une matière active contenue dans une préparation commerciale donnée selon son utilisation.

$$\text{IRS}_{\text{matière active}} = \text{IRT} \cdot \text{FPf} \cdot \text{FCP} / 10$$

L'IRT est l'indice de risque toxicologique de la matière active, elle est déterminée par la sommation des points alloués en fonction des différents critères retenus de toxicité aiguë et de toxicité chronique. La somme des risques chroniques est ensuite multipliée par un facteur en lien avec la persistance dans l'environnement et le potentiel de bioaccumulation (FPer). Ce dernier permet d'obtenir un indice de risque toxicologique tenant compte de la biodisponibilité. $IRT = [Risques\ aigus + (Risques\ chroniques * FPer)]^2$

Tableau 88. Critères de toxicité aiguë des matières actives

Toxicité aiguë	Gravité de l'effet et Points alloués				
	8	4	2	1	0
	Valeur de l'indication				
DL50 oral (mg/kg)	≤ 50	> 50-300	> 300-2000	> 2000	
DL50 cutanée (mg/kg)	≤ 200	> 200-1000	> 1000-2000	> 2000	
CL50 inhalation (mg/l)	≤ 0,5	> 0,5-1	> 1-5	> 5	
Irritation cutanée	Sévèrement à extrêmement	Modérément	Légèrement	Très peu ou pas	
Irritation oculaire	Sévèrement à extrêmement	Modérément	Légèrement	Très peu ou pas	
Sensibilisation	Oui	Possible			Non

Tableau 89. Critères de toxicité chronique des matières actives

Toxicité chronique	Gravité de l'effet et points alloués					
	16	8	4	2	1	0
	Valeur de l'indication					
Cancérogénicité	Cancérogène pour l'humain	Cancérogène probable chez l'humain	Cancérogène possible chez l'humain	Données inadéquates pour l'évaluation du potentiel cancérogène chez l'humain		Cancérogène peu probable chez l'humain
Génotoxicité		Génotoxique chez l'humain	Potentiel génotoxique chez l'humain		Données inexistantes ou insuffisantes	Non génotoxique chez l'humain
Perturbation endocrinienne		Perturbateur endocrinien	Perturbateur endocrinien		Données inexistantes	Effets endocriniens

		évident	potentiel		ou insuffisantes	peu probables
Reproduction	Effets confirmés chez l'humain	Effets suspectés chez l'humain	Effets confirmés chez l'animal	Effets suspectés chez l'animal	Données inexistantes ou insuffisantes	Aucun effet rapporté
Développement	Effets confirmés chez l'humain	Effets suspectés chez l'humain	Effets confirmés chez l'animal	Effets suspectés chez l'animal	Données inexistantes ou insuffisantes	Aucun effet rapporté

Tableau 90. Facteur tenant compte de la persistance environnementale et du potentiel de bioaccumulation

Classification du potentiel de persistance environnementale et de bioaccumulation	FPer
Demi-vie au sol ≥ 60 jours ou $BCF^* \geq 1000$	3,0
Demi-vie au sol $\geq 30-60$ jours ou $100 \leq BCF < 1000$	2,5
Demi-vie au sol $\geq 15-30$ jours ou $BCF < 100$	2,0
Aucune donnée pour les critères	1,5
Demi-vie au sol < 15 jours et aucune bioaccumulation ou donnée BCF	1,0

$BCF = 10^{\log(BCF)}$ où $\log BCF = (0,79 * \log Poe) - 0,4$

BCF = Facteur de bioaccumulation, Poe = Coefficient de partage octanol-eau

Selon leur type de formulation, les produits peuvent se répartir en deux groupes : ceux à risque d'exposition faible et ceux à risque d'exposition élevé (Tableau XXX).

Tableau 91. Facteur de pondération lié au type de formulation (FPf)

Facteur de pondération en fonction du type de formulation (pointage alloué en fonction du risque d'exposition)	
Faible = 1	Elevé = 2
Comprimé (TA), Générateur à décharge lente (SR), Granulés (Gr), Granulés dispersables dans l'eau (WD), Granulés mouillables (WG), Granulés solubles (SG), Organisme vivant (LO), Particules (PT), Pastille (PE), Pâte (PA), Pâte granulée (DF), Solide (SO), Suspension en microcapsules (MS), Tissu imprégné (IF)	Concentré émulsifiable ou émulsion (EC), Liquide (LI), Poudre (DU), Poudre mouillable (WP), Poudre soluble (SP), Produit sous pression (PP), Solution (SN), Suspension (SU)

Les formulations en sachet hydrosoluble (SH) se verront attribuer un pointage de 1 en raison de leur présentation qui atténue le niveau de risque. Les formulations, liquides ou solides, qui sont conçues pour être libérées sous forme de gaz (GAZ) recevront un pointage de 2.

La concentration de la matière active dans la préparation commerciale ainsi que la dose d'application représentent des éléments importants de modulation du niveau de risque d'exposition. Il est donc introduit un facteur de compensation qui tient compte de ces variables dans le calcul du risque pour une préparation commerciale. Ce facteur de compensation (FCP) est déterminé à partir de la dose repère appliquée (DRA) et permet de comparer les produits entre eux sur une base uniforme (Tableau XXXI). La dose repère appliquée est déterminée pour chacune des matières actives à partir de l'étiquette de la préparation commerciale.

Tableau 92. Valeur de FCP en fonction de la DRA

DRA (g ou ml m.a./ha)	FCP
< 100	0,5
≥ 100-1000	1
≥1000-2000	1,5
≥ 2000	2

L'indice de risque pour la santé d'une préparation commerciale est la somme de tous les indices de risques pour la santé des matières actives contenues dans cette préparation commerciale.

$$IRS_{\text{préparation commerciale}} = \sum IRS_{\text{matière active}}$$

Indice de risque pour l'environnement (IRE)

L'IRPeQ-environnement tient compte de divers paramètres en lien avec des propriétés de matière actives, des caractéristiques des préparations commerciales, leurs lieux d'utilisation ainsi que le type de culture. De ce fait, en plus des paramètres d'écotoxicité, l'IRPeQ-environnement considère dans le calcul du risque pour l'environnement, le facteur d'interception lors de l'application des pesticides, leur potentiel de lessivage et de dérive. L'indice de risque pour l'environnement (IRE) représente le risque potentiel d'une matière active composant une préparation commerciale donnée en considérant son utilisation. L'IRE d'une matière active pour une même préparation commerciale peut varier. Les organismes retenus pour le calcul de l'indice sont ceux régulièrement utilisés comme espèces sentinelles lors des évaluations de risques écotoxicologiques. L'IRE est issu de six variables : trois variables écotoxicologiques (T : impact sur les invertébrés terrestres, O : impact sur les

oiseaux, A : impact sur les organismes aquatiques) et trois variables physicochimiques (M : mobilité, P : persistance dans le sol, B : bioaccumulation).

- **Impact sur les invertébrés terrestres (T)**

L'impact sur les invertébrés terrestres est représenté par la variable T. Les invertébrés terrestres retenus sont les vers et les abeilles. Le pointage accordé à la variable T est donc égal à celui le plus élevé des deux variables soit T_{vt} (impact sur les vers de terre) ou $T_{abeille}$ (impact sur les abeilles).

• **Impact sur les vers de terre (T_{vt})**

Le pointage de la variable T_{vt} est déterminé à partir d'un ratio toxicité/exposition (RTE)

$$RTE = \text{Toxicité} / CIPE_{sol}$$

où Toxicité = CL_{50} exposition de 14 jours pour des vers de terre

$CIPE_{sol}$ = Concentration initiale prévue dans l'environnement

$$= DRA * (1 - f_{int}) / (100 * \text{Profondeur} * \text{densité})$$

DRA = Dose repère appliquée (ml/ha ou g/ha)

f_{int} = Facteur d'interception par la couverture végétale

Profondeur : Profondeur de pénétration du pesticide dans le sol (valeur par défaut de 5 cm)

Densité : Densité du sol (valeur par défaut de $1,2 \text{ g/cm}^3$).

Le facteur d'interception des cultures influence la quantité de pesticide qui se retrouvera au sol. Ce facteur est modulé par le type de culture et la densité de la végétation.

Tableau 93. Facteur d'interception (f_{int}) de la culture en fonction du type de pesticide

Type de culture	Facteur d'interception			
	Herbicide	Insecticide Fongicide	Régulateur de croissance	Stérilisant de sol
Culture basse (≤ 50 cm)	0,10	0,5	0,5	0
Buisson (> 50 -200 cm)	0,20	0,5	0,5	0
Arbre fruitier (> 200 cm)	0,25	0,4	0,4	0

Le pointage attribué à la variable T_{vt} déterminé selon le tableau XXXV.

Tableau 94. Valeur de T_{vt} en fonction du ratio toxicité/exposition basée sur la CL_{50} exposition de 14 jours.

RTE	T_{vt}
>100	0
>10- 100	2
≤ 10	4

• **Impact sur les abeilles ($T_{abeille}$)**

Le pointage de $T_{abeille}$ déterminé à partir des quotients d'exposition orale (Q_{eo}) ou d'exposition par contact (Q_{ec}) pour les abeilles.

Q_{eo} ou Q_{ec} = DRA / Toxicité

Où DRA = DRA (ml/ha ou g/ha)

Toxicité = DL_{50} oral ou par contact ($\mu\text{g}/\text{abeille}$).

Le tableau XXXVI présente la distribution des points selon les intervalles des quotients.

Tableau 95. Valeur de $T_{abeille}$ en fonction du quotient d'exposition orale (Q_{eo}) ou d'exposition par contact (Q_{ec}) pour les abeilles.

Q_{eo} ou Q_{ec}	$T_{abeille}$
< 50	0
≥ 50 -1000	2
≥ 1000	4

- **Impact sur les oiseaux (O)**

L'impact sur les oiseaux est déterminé en utilisant un critère de toxicité aigue (DL_{50}) pour le canard colvert, et le cas échéant le colin de virginie. La variable O est déterminée à partir d'un ratio toxicité/exposition (RTE)

$RTE = \text{Toxicité} / QPI$

DL_{50} (mg/kg de poids corporel du canard colvert ou du colin de virginie)

QPI= Quantité de pesticides ingérée quotidiennement par jour (mg/kg de poids corporel)

Pour le canard colvert, $QPI = 0,528 \cdot 142 \cdot DRA / 1000$

Pour le colin de virginie

$$QPI = 0,865 * 87 * DRA / 1000$$

Le Tableau XXXVII présente la distribution des points selon la RTE

Tableau 96. Valeur de O en fonction du ratio toxicité/exposition pour les oiseaux

RTE	O
>10	0
>5- 10	1
>1-5	2
>0,1-1	3
≤0,1	4

- Impact sur les organismes aquatiques (A)

L'impact sur les organismes aquatiques est représenté par la variable A dans le calcul de l'IRE d'une matière active. Le ratio toxicité/exposition (RTE) détermine le pointage alloué à cette variable.

$$RTE = \text{Toxicité} / CPE_{\max}$$

Toxicité = CL_{50} ou CE_{50} Pour algues, plantes aquatiques, daphnies ou poissons

CPE_{\max} = Concentration maximale prévue dans l'environnement observée après 4 jours

La méthode de calcul de la CPE_{\max} est expliquée dans le document du groupe de travail de la CE (Focus, 2002). Le tableau XXXVIII présente le pointage alloué à la variable A.

Tableau 97. Valeur de A en fonction du ratio toxicité/exposition pour les organismes aquatiques

RTE pour les poissons et daphnies	RTE pour les algues et plantes aquatiques	A
>100	>10	0
>10-100	>1-10	1
>1-10	>0,1-1	2
>0,1-1	>0,01-0,1	3
≤0,1	≤0,01	4

- Mobilité (M)

La mobilité d'une matière active est représentée par la variable M et est déterminée à partir de son potentiel de lessivage. L'indice GUS (Groundwater Ubiquity Score) est utilisé pour calculer le potentiel d'un pesticide à contaminer l'eau souterraine par lessivage et l'eau de surface par infiltration. Le GUS se base sur deux propriétés physicochimiques d'un composé : le coefficient d'absorption sur carbone organique (K_{oc}) et le temps de demi-vie dans le sol (TD_{50}).

$$GUS = \log[(TD_{50}) * (4 - \log(K_{oc}))]$$

GUS < 1,8 Potentiel de lessivage faible

GUS ≥ 1,8- 2,8 Potentiel moyen de lessivage

GUS ≥ 2,8 Potentiel élevé de lessivage

La dose d'application est mise en relation avec l'indice GUS afin de déterminer le risque potentiel de contamination par lessivage ou encore par infiltration. Le tableau XXXVIII présente une matrice donnant les pointages de la variable M en fonction de l'indice GUS et de la dose repère appliquée (DRA).

Tableau 98. Valeur de M en fonction de l'indice GUS et la DRA

GUS	DRA (ml ou g m.a./ha)			
	< 100	≥ 100-1000	≥ 1000-2000	≥ 2000
< 1,8	0	0	0	0
≥ 1,8- 2,8	1,25	1,5	1,75	2
≥ 2,8	2,5	3	3,5	4

- Persistance dans le sol (P)

La persistance dans le sol est représentée par P. Le temps de demi-vie dans le sol est en condition aérobie TD_{50} et la DRA sont utilisés pour déterminer la valeur de la variable P (tableau XXXX).

Tableau 99. Valeur de P en fonction de la demi-vie et la DRA

TD_{50} (jours)	DRA (ml ou g m.a./ha)			
	< 100	≥ 100-1000	≥ 1000-2000	≥ 2000
< 10	0	0	0	0
≥ 10- 30	0	0	0,5	1
≥ 30- 60	0,5	1	1,5	2

≥ 60- 90	1,5	2	2,5	3
≥ 90- 180	2,5	3	3,5	4
≥ 180	4	4	4	4

- Bioaccumulation (B)

Le potentiel de bioaccumulation est représenté par la variable B. Le temps de demi-vie dans le sol en condition aérobie (TD₅₀) et le logarithme du coefficient de partage octanol-eau (logP_{oe}) sont utilisés pour déterminer le pointage attribué à la variable B (tableau XXXXI).

Tableau 100. Valeur de B en fonction de la demi-vie et du log_{poe}

TD ₅₀ (jours)	Coefficient de partage octanol-eau (log _{poe})		
	< 3	3-4	>4
< 10	0	0	1
≥ 10- 90	0	0	2
≥ 90-180	0	1	3
≥ 180	0	2	4

La sommation des variables précédemment présentés correspond à l'IRE pour une matière active contenue dans une préparation commerciale. Pour obtenir une plus grande distribution des valeurs et mettre davantage en évidence les pesticides présentant un risque plus élevé, la somme des variables est portée au carré. Un poids important est attribué aux variables de l'impact terrestre. Les organismes terrestres sont les plus directement touchés lors d'une application de pesticide qui affecte dans un premier temps leur milieu. Les variables T et O sont donc multipliées par 1,75. Cette valeur multiplicative a été choisie afin de porter la proportion des variables relatives aux impacts écotoxicologiques (T,O,A) à 60% de l'équation IRE. Les variables relatives au devenir environnemental (M,P,B) composent donc 40% de l'équation.

$$IRE_{\text{matière active}} = [1,75 * (T+O) + A + M+P+B+1]^2$$

$$IRE_{\text{préparation commerciale}} = \sum IRE_{\text{matière active}}$$

Calcul de l'IRS et l'IRE pour les différentes matières actives

- Endosulfan

- Risques aigus (pointage)

DL₅₀oral : 38 mg/kg (8)

DL₅₀cutanée : 500 mg/kg (4)

CL₅₀inhalation : 0,013 mg/l (8)

Irritation cutanée : aucune donnée (0)

Irritation oculaire : aucune donnée (0)

Sensibilisation : aucune donnée (0) Σ Risques aigus = 20

- Risque chroniques (pointage)

Cancérogénicité : possible (4)

Génotoxicité : potentiel (4)

Perturbation endocrinienne : possible (4)

Reproduction : aucune donnée (1)

Développement : reconnue neurotoxique (16) Σ Risques chroniques = 29

- FPer = 3 (TD₅₀ = 70, BCF = 2755)

- FPf = 2 (EC)

- FCP = 1 (700 g m.a./ha)

IRS = 2289,8

- Impact sur les invertébrés terrestres (T)

T = 4 (CL₅₀ = 14, CIPE = 1,66, RTE = 8,4 , DL₅₀abeille = 7,81, DRA = 700 g/ha, QEC = 256,08)

- Impact sur les oiseaux (O)

O = 2 (DL₅₀ = 111 mg/kg, QPI = 52,48, RTE = 2,11)

- Impact sur les organismes aquatiques (A)

A = 4 (CPE_{max} = 175,66 µg/l)

- Mobilité (M)

M = 0 (TD₅₀ = 70, K_{oc} = 11500, DRA = 700 g/ha)

- Persistance dans le sol (P)

P = 2 (TD₅₀ = 70, DRA = 700 g/ha)

- Bioaccumulation (B)

$$B = 2 (\log_{poe} = 4,73, TD_{50} = 70)$$

$$IRE = 380,25$$

- **Lambdacyhalothrine**

- Risques aigus (pointage)

$$DL_{50} \text{oral} : 20 \text{ mg/kg (8)}$$

$$DL_{50} \text{cutanée} : 632 \text{ mg/kg (4)}$$

$$CL_{50} \text{inhalation} : 0,06 \text{ mg/l (8)}$$

Irritation cutanée : fortement irritant (8)

Irritation oculaire : fortement irritant (8)

Sensibilisation : possible (4) \sum Risques aigus = 40

- Risque chroniques (pointage)

Cancérogénicité : non (0)

Génotoxicité : non (0)

Perturbation endocrinienne : données inexistantes (1)

Reproduction : aucune effet rapporté (0)

Développement : aucune donnée (1) \sum Risques chroniques = 2

- FPer = 3 ($TD_{50} = 25$, BCF = 1950)

- FPf = 2 (EC)

- FCP = 0,5 (18 g m.a./ha)

$$IRS = 211,6$$

- Impact sur les invertébrés terrestres (T)

$$T = 0 (CL_{50} = 1000 \text{ mg/kg, CIPE} = 600, RTE = 0, DL_{50} \text{ abeille} = 0,038, DRA = 18 \text{ g/ha, QEC} = 0)$$

- Impact sur les oiseaux (O)

O = 0 (DL₅₀ = 3950 mg/kg, QPI = 52,48, RTE = 75,26)

- Impact sur les organismes aquatiques (A)

A = 3 (CPE_{max} = 0,92 µg/l)

- Mobilité (M)

M = 0 (TD₅₀ = 25, K_{oc} = 157000, DRA = 18 g/ha)

- Persistance dans le sol (P)

P = 0 (TD₅₀ = 25, DRA = 18 g/ha)

- Bioaccumulation (B)

B = 2 (log_{poe} = 6,9, TD₅₀ = 25)

IRE = 36

- **Indoxarcab**

- Risques aigus (pointage)

DL₅₀oral : 268 mg/kg (4)

DL₅₀cutanée : 5000 mg/kg (1)

CL₅₀inhalation : 5,5 mg/l (1)

Irritation cutanée : oui (8)

Irritation oculaire : oui (8)

Sensibilisation : non (0) Σ Risques aigus = 22

- Risque chroniques (pointage)

Cancérogénicité : non (0)

Génotoxicité : données inexistantes (1)

Perturbation endocrinienne : données inexistantes (1)

Reproduction : aucun (0)

Développement : reconnue neurotoxique (16) Σ Risques chroniques = 18

- FPer = 2,5 (TD₅₀ = 17, BCF = 520)

- FPf = 2 (SC)

- FCP = 0,5 (12,5 g m.a./ha)

IRS = 448,9

- Impact sur les invertébrés terrestres (T)

T = 2 (CL₅₀ = 1250, CIPE = 0,0125, RTE = 100000 , DL₅₀ abeille = 0,18, DRA = 12,5 g/ha, QEC = 83,33)

- Impact sur les oiseaux (O)

O = 0 (DL₅₀ = 98 mg/kg, QPI = 52,48, RTE = 1,86)

- Impact sur les organismes aquatiques (A)

A = 1 (CPE_{max} = 0,92 µg/l)

- Mobilité (M)

M = 0 (TD₅₀ = 17, K_{oc} = 6450, DRA = 12,5 g/ha)

- Persistance dans le sol (P)

P = 0 (TD₅₀ = 17, DRA = 12,5 g/ha)

- Bioaccumulation (B)

B = 2 (log_{poe} = 4,65, TD₅₀ = 17)

IRE = 56,25

- **Triazophos**

- Risques aigus (pointage)

DL₅₀oral : 66 mg/kg (4)

DL₅₀cutanée : 2000 mg/kg (2)

CL₅₀inhalation : 0,53 mg/l (4)

Irritation cutanée : oui (8)

Irritation oculaire : oui (8)

Sensibilisation : aucune donnée (0) \sum Risques aigus = 26

- Risque chroniques (pointage)

Cancérogénicité : non (0)

Génotoxicité : données inexistantes (1)

Perturbation endocrinienne : données inexistantes (1)

Reproduction : données inexistantes (1)

Développement : reconnue neurotoxique (16) \sum Risques chroniques = 19

- FPer = 2,5 (TD₅₀ = 44, BCF = 300)

- FPf = 2 (EC)

- FCP = 1 (600 g m.a./ha)

IRS = 1080,45

- Impact sur les invertébrés terrestres (T)

T = 0 (CL₅₀ = 466, CIPE = 0,5, RTE = 932, DL₅₀ abeille = 14,35, DRA = 600 g/ha, QEC = 41,81)

- Impact sur les oiseaux (O)

O = 3 (DL₅₀ = 8,3 mg/kg, QPI = 52,67, RTE = 0,157)

- Impact sur les organismes aquatiques (A)

A = 4 (CPE_{max} = 118,19 µg/l)

- Mobilité (M)

M = 1,5 (TD₅₀ = 44, GUS = 2,37, DRA = 600 g/ha)

- Persistance dans le sol (P)

P = 1 (TD₅₀ = 44, DRA = 600 g/ha)

- Bioaccumulation (B)

B = 2 (log_{poe} = 3,55, TD₅₀ = 44)

IRE = 162,56

- **Cyperméthrine**

- Risques aigus (pointage)

DL₅₀oral : 287 mg/kg (4)

DL₅₀cutanée : 2000 mg/kg (2)

CL₅₀inhalation : 3,28 mg/l (2)

Irritation cutanée : faible (2)

Irritation oculaire : faible (2)

Sensibilisation : possible (4) Σ Risques aigus = 16

- Risque chroniques (pointage)

Cancérogénicité : possible (4)

Génotoxicité : données inexistantes (1)

Perturbation endocrinienne : possible (4)

Reproduction : possible (8)

Développement : possible (8) Σ Risques chroniques = 25

- FPer = 3 (TD₅₀ = 60)

- FPf = 2 (EC)

- FCP = 0,5 (35- 70 g m.a./ha)

IRS = 828,1

- Impact sur les invertébrés terrestres (T)

T = 4 (CL₅₀ = 100, CIPE = 0,029, RTE = 0, DL₅₀ abeille = 0,12, DRA = 70 g/ha, QEC = 1750)

- Impact sur les oiseaux (O)

O = 0 (DL₅₀ = mg/kg, QPI = 52,48, RTE =)

- Impact sur les organismes aquatiques (A)

A = 4 (CPE_{max} = 11,07 µg/l)

- Mobilité (M)

$M = 0$ ($TD_{50} = 60$, $K_{oc} = 85572$, $DRA = 70$ g/ha)

- Persistance dans le sol (P)

$P = 1,5$ ($TD_{50} = 60$, $DRA = 70$ g/ha)

- Bioaccumulation (B)

$B = 2$ ($\log_{poe} = (5,3)$, $TD_{50} = 60$)

IRE = 240,25

- **Acétamipride**

- Risques aigus (pointage)

$DL_{50\text{oral}} : 213$ mg/kg (4)

$DL_{50\text{cutanée}} : 2000$ mg/kg (2)

$CL_{50\text{inhalation}} : 1,15$ mg/l (2)

Irritation cutanée : oui (8)

Irritation oculaire : oui (8)

Sensibilisation : aucune donnée (0) Σ Risques aigus = 24

- Risque chroniques (pointage)

Cancérogénicité : non (0)

Génotoxicité : données inexistantes (1)

Perturbation endocrinienne : données inexistantes (1)

Reproduction : aucune donnée (1)

Développement : aucune donnée (1) Σ Risques chroniques = 4

- $F_{Per} = 1$ ($TD_{50} = 3$)

- $F_{Pf} = 2$ (EC)

- $F_{CP} = 0,5$ (16 g m.a./ha)

IRS = 78,4

- Impact sur les invertébrés terrestres (T)

T = 2 (CL₅₀ = 9, CIPE = 0,58, RTE = 5,4 , DL₅₀ abeille = 8,09, DRA = 16 g/ha, QEC = 1,97)

- Impact sur les oiseaux (O)

O = 2 (DL₅₀ = 98 mg/kg, QPI = 52,48, RTE = 1,87)

- Impact sur les organismes aquatiques (A)

A = 0 (CPE_{max} = 25,29 µg/l)

- Mobilité (M)

M = 0 (TD₅₀ = 3, K_{oc} = 107, DRA = 16 g/ha)

- Persistance dans le sol (P)

P = 0 (TD₅₀ = 3, DRA = 16 g/ha)

- Bioaccumulation (B)

B = 0 (log_{poe} = 0,8, TD₅₀ = 3)

IRE = 12,25

- **Chlorpyriphos-éthyle**

- Risques aigus (pointage)

DL₅₀oral : 66 mg/kg (4)

DL₅₀cutanée : 1250 mg/kg (2)

CL₅₀inhalation : 0,1 mg/l (8)

Irritation cutanée : oui (4)

Irritation oculaire : oui (4)

Sensibilisation : non (0) Σ Risques aigus = 22

- Risque chroniques (pointage)

Cancérogénicité : non (0)

Génotoxicité : données inexistantes (1)

Perturbation endocrinienne : possible (4)

Reproduction : oui (16)

Développement : oui (16) Σ Risques chroniques = 37

- FPer = 3 (TD₅₀ = 50)

- FPf = 2 (EC)

- FCP = 1 (300 g m.a./ha)

IRS = 3537,8

- Impact sur les invertébrés terrestres (T)

T = 4 (CL₅₀ = 2,29, CIPE = 0,25, RTE = 9,16 DL₅₀ abeille = 0,059, DRA = 300 g/ha, QEC = 5084,74)

- Impact sur les oiseaux (O)

O = 3 (DL₅₀ = 13,3 mg/kg, QPI = 52,48, RTE = 0,25)

- Impact sur les organismes aquatiques (A)

A = 4 (CPE_{max} = 175,66 µg/l)

- Mobilité (M)

M = 0 (TD₅₀ = 50, K_{oc} = 8151, DRA = 300 g/ha)

- Persistance dans le sol (P)

P = 1 (TD₅₀ = 50, DRA = 300 g/ha)

- Bioaccumulation (B)

B = 2 (log_{poe} = 4,7, TD₅₀ = 50)

IRE = 410,06

- Diméthoate

- Risques aigus (pointage)

DL₅₀oral : 245 mg/kg (4)

DL₅₀cutanée : 2000 mg/kg (2)

CL₅₀inhalation : 1,68 mg/l (2)

Irritation cutanée : non (0)

Irritation oculaire : oui (8)

Sensibilisation : non (0) Σ Risques aigus = 16

- Risque chroniques (pointage)

Cancérogénicité : possible (4)

Génotoxicité : données inexistantes (1)

Perturbation endocrinienne : possible (4)

Reproduction : données inexistantes (1)

Développement : données inexistantes (1) Σ Risques chroniques = 11

- FPer = 1 (TD₅₀ = 2,6)

- FPf = 2 (EC)

- FCP = 1 (750 g m.a./ha)

IRS = 145,8

- Impact sur les invertébrés terrestres (T)

T = 4 (CL₅₀ = 31, CIPE = 0,625, RTE = 49,6 , DL₅₀ abeille = 0,12, DRA = 750 g/ha, QEC = 62,50)

- Impact sur les oiseaux (O)

O = 3 (DL₅₀ = 10,5 mg/kg, QPI = 52,48, RTE = 0,2)

- Impact sur les organismes aquatiques (A)

A = 1 (CPE_{max} = 34,74 µg/l)

- Mobilité (M)

M = 1,5 (TD₅₀ = 2,6, K_{oc} = 30, DRA = 750 g/ha)

- Persistance dans le sol (P)

P = 0 (TD₅₀ = 2,6, DRA = 750 g/ha)

- Bioaccumulation (B)

$B = 2$ ($\log_{poe} = 0,704$, $TD_{50} = 2,6$)

IRE = 248,06

- **Profenofos**

- Risques aigus (pointage)

DL_{50oral} : 358 mg/kg (2)

$DL_{50cutanée}$: 472 mg/kg (4)

$CL_{50inhalation}$: 3 mg/l (2)

Irritation cutanée : oui (8)

Irritation oculaire : possible (2)

Sensibilisation : non (0) Σ Risques aigus = 18

- Risque chroniques (pointage)

Cancérogénicité : non (0)

Génotoxicité : non (0)

Perturbation endocrinienne : données inexistantes (1)

Reproduction : non (0)

Développement : reconnue neurotoxique (16) Σ Risques chroniques = 18

- $FPer = 3$ ($BCF = 1186$)

- $FPf = 2$ (EC)

- $FCP = 1$ (200-300 g m.a./ha)

IRS = 1036,8

- Impact sur les invertébrés terrestres (T)

$T = 4$ ($CL_{50} = ,$ $CIPE = ,$ $RTE = ,$ $DL_{50\text{ abeille}} = 0,095$, $DRA = 300$ g/ha, $QEC = 3157,89$)

- Impact sur les oiseaux (O)

$O = 2$ ($DL_{50} = 70$ mg/kg, $QPI = 52,48$, $RTE = 1,33$)

- Impact sur les organismes aquatiques (A)

A = 3 (CPE_{max} = 118,19 µg/l)

- Mobilité (M)

M = 0 (TD₅₀ = 7, K_{oc} = 2016, DRA = 300 g/ha)

- Persistance dans le sol (P)

P = 0 (TD₅₀ = 7, DRA = 300 g/ha)

- Bioaccumulation (B)

B = 0 (log_{poe} = 1,7, TD₅₀ = 7)

IRE = 210,25

- Deltaméthrine

- Risques aigus (pointage)

DL₅₀oral : 87 mg/kg (4)

DL₅₀cutanée : 2000 mg/kg (2)

CL₅₀inhalation : 0,6 mg/l (4)

Irritation cutanée : non (0)

Irritation oculaire : modéré (4)

Sensibilisation : aucune donnée (0) ∑ Risques aigus = 14

- Risque chroniques (pointage)

Cancérogénicité : possible (4)

Génotoxicité : données inexistantes (1)

Perturbation endocrinienne : oui (8)

Reproduction : possible (8)

Développement : reconnue neurotoxique (16) ∑ Risques chroniques = 37

- FPer = 3 (BCF = 1400)

- FPf = 2 (EC)

- FCP = 1 (15 g m.a./ha)

IRS = 1562,5

- Impact sur les invertébrés terrestres (T)

T = 4 (CL₅₀ = 1290, CIPE = 0,0125, RTE = 103200 , DL₅₀ abeille = 0,0015, DRA = 15 g/ha, QEC = 10000)

- Impact sur les oiseaux (O)

O = 0 (DL₅₀ = 2250 mg/kg, QPI = 52,7, RTE = 47,71)

- Impact sur les organismes aquatiques (A)

A = 3 (CPE_{max} = 0,92 µg/l)

- Mobilité (M)

M = 0 (TD₅₀ = 21, K_{oc} = 460000, DRA = 15 g/ha)

- Persistance dans le sol (P)

P = 0 (TD₅₀ = 21, DRA = 15 g/ha)

- Bioaccumulation (B)

B = 2 (log_{poe} = 4,6, TD₅₀ = 21)

IRE = 169

- **Cyfluthrine**

- Risques aigus (pointage)

DL₅₀oral : 16,2 mg/kg (8)

DL₅₀cutanée : 5000 mg/kg (1)

CL₅₀inhalation : 4,05 mg/l (2)

Irritation cutanée : modérée (4)

Irritation oculaire : non (0)

Sensibilisation : aucune donnée (0)

Σ Risques aigus = 15

- Risque chroniques (pointage)

Cancérogénicité : non (0)

Génotoxicité : données inexistantes (1)

Perturbation endocrinienne : données inexistantes (1)

Reproduction : possible (8)

Développement : reconnue neurotoxique (16) Σ Risques chroniques = 26

- FPer = 2,5 (TD₅₀ = 33)
- FPf = 2 (EC)
- FCP = 0,5 (18 g m.a./ha)

IRS = 640

- Impact sur les invertébrés terrestres (T)

T = 4 (CL₅₀ = 1000, CIPE = 0,033, RTE = 30030 , DL₅₀ abeille = 0,001, DRA = 18 g/ha, QEC = 18000)

- Impact sur les oiseaux (O)

O = 0 (DL₅₀ = 2000 mg/kg, QPI = 52,48, RTE = 37,97)

- Impact sur les organismes aquatiques (A)

A = 4 (CPE_{max} = 11,07 µg/l)

- Mobilité (M)

M = 0 (TD₅₀ = 33, K_{oc} = 64300, DRA = 18 g/ha)

- Persistance dans le sol (P)

P = 0,5 (TD₅₀ = 33, DRA = 18 g/ha)

- Bioaccumulation (B)

B = 2 (log_{poe} = 6, TD₅₀ = 33)

IRE = 210,25

- **Mancozèbe**

- Risques aigus (pointage)

DL₅₀oral : 5000 mg/kg (1)

DL₅₀cutanée : 2000 mg/kg (2)

CL₅₀inhalation : 5,14 mg/l (1)

Irritation cutanée : légèrement (2)

Irritation oculaire : légèrement (2)

Sensibilisation : non (0) Σ Risques aigus = 8

- Risque chroniques (pointage)

Cancérogénicité : oui (16)

Génotoxicité : aucune donnée (1)

Perturbation endocrinienne : données inexistantes (1)

Reproduction : oui (16)

Développement : oui (16) Σ Risques chroniques = 50

- FPer = 2 (TD₅₀ = 18)

- FPf = 2 (WP)

- FCP = 1,5 (800 g m.a./ha)

IRS = 3499,2

- Impact sur les invertébrés terrestres (T)

T = 0 (CL₅₀ = 299,1, CIPE = 0,66, RTE = 453,1 , DL₅₀ abeille = 140,6, DRA = 800 g/ha, QEC = 5,68)

- Impact sur les oiseaux (O)

O = 0 (DL₅₀ = 2000 mg/kg, QPI = 52,48, RTE = 38,1)

- Impact sur les organismes aquatiques (A)

A = 4 (CPE_{max} = 118,19 µg/l)

- Mobilité (M)

M = 0 (TD₅₀ = 18, K_{oc} = 998, DRA = 800 g/ha)

- Persistance dans le sol (P)

$P = 0,5$ ($TD_{50} = 18$, $DRA = 800$ g/ha)

- Bioaccumulation (B)

$B = 0$ ($\log_{poe} = 4,33$, $TD_{50} = 18$)

IRE = 30,25

- Carbofuran

- Risques aigus (pointage)

$DL_{50oral} : 7$ mg/kg (8)

$DL_{50cutanée} : 1500$ mg/kg (2)

$CL_{50inhalation} : 0,05$ mg/l (8)

Irritation cutanée : non (0)

Irritation oculaire : non (0)

Sensibilisation : aucune donnée (0) \sum Risques aigus = 18

- Risque chroniques (pointage)

Cancérogénicité : non (0)

Génotoxicité : données inexistantes (1)

Perturbation endocrinienne : évident (8)

Reproduction : suspecté (8)

Développement : suspecté (8) \sum Risques chroniques = 25

- $FPer = 2$ ($TD_{50} = 29$)

- $FPf = 1$ (Gr)

- $FCP = 2$ (50000 g m.a./ha)

IRS = 924,8

- Impact sur les invertébrés terrestres (T)

T = 4 (CL₅₀ = 13, CIPE = 41,66, RTE = 0,31 , DL₅₀ abeille = 0,04, DRA = 50000 g/ha, QEC = 1250000)

- Impact sur les oiseaux (O)

O = 4 (DL₅₀ = 0,71 mg/kg, QPI = 52,48, RTE = 0,013)

- Impact sur les organismes aquatiques (A)

A = 4 (CPE_{max} = 172,62 µg/l)

- Mobilité (M)

M = 4 (TD₅₀ = 29, K_{oc} = 22, DRA = 50000 g/ha)

- Persistance dans le sol (P)

P = 1 (TD₅₀ = 29, DRA = 50000 g/ha)

- Bioaccumulation (B)

B = 0 (log_{poe} = 1,7, TD₅₀ = 29)

IRE = 576

- **Carbendazim**

- Risques aigus (pointage)

DL₅₀oral : 5000 mg/kg (1)

DL₅₀cutanée : 2000 mg/kg (2)

CL₅₀inhalation : 5,6 mg/l (1)

Irritation cutanée : non (0)

Irritation oculaire : non (0)

Sensibilisation : aucune donnée (0) ∑ Risques aigus = 4

- Risque chroniques (pointage)

Cancérogénicité : possible (4)

Génotoxicité : données inexistantes (1)

Perturbation endocrinienne : possible (4)

Reproduction : oui (16)

Développement : oui (16) Σ Risques chroniques = 41

- FPer = 2 (TD₅₀ = 22)
- FPf = 2 (EC)
- FCP = 1 (800 g m.a./ha)

IRS = 1479,2

- Impact sur les invertébrés terrestres (T)

T = 4 (CL₅₀ = 3,9, CIPE = 0,66, RTE = 5,91 , DL₅₀ abeille = 50, DRA = 800 g/ha, QEC = 16)

- Impact sur les oiseaux (O)

O = 0 (DL₅₀ = 2250 mg/kg, QPI = 52,67, RTE = 42,71)

- Impact sur les organismes aquatiques (A)

A = 3 (CPE_{max} = 175,66 µg/l)

- Mobilité (M)

M = 1,5 (TD₅₀ = 22, K_{oc} = 223, DRA = 800 g/ha)

- Persistance dans le sol (P)

P = 0 (TD₅₀ = 22, DRA = 800 g/ha)

- Bioaccumulation (B)

B = 0 (log_{poe} = 1,48, TD₅₀ = 22)

IRE = 156,25

- **Métalaxyl**

- Risques aigus (pointage)

DL₅₀oral : 633 mg/kg (2)

DL₅₀cutanée : 3100 mg/kg (1)

CL₅₀inhalation : 3,6 mg/l (2)

Irritation cutanée : oui (8)

Irritation oculaire : oui (8)

Sensibilisation : aucune donnée (0) \sum Risques aigus = 21

- Risque chroniques (pointage)

Cancérogénicité : non (0)

Génotoxicité : non (0)

Perturbation endocrinienne : données inexistantes (1)

Reproduction : non (0)

Développement : non (0) \sum Risques chroniques = 1

- FPer = 2,5 (TD₅₀ = 42)

- FPf = 2 (WP)

- FCP = 1 (120 g m.a./ha)

IRS = 110,45

- Impact sur les invertébrés terrestres (T)

T = 0 (CL₅₀ = 1000, CIPE = 0,1, RTE = 10000, DL₅₀ abeille = 200, DRA = 120 g/ha, QEC = 0,6)

- Impact sur les oiseaux (O)

O = 0 (DL₅₀ = 923 mg/kg, QPI = 52,48, RTE = 17,58)

- Impact sur les organismes aquatiques (A)

A = 0 (CPE_{max} = 25,29 µg/l)

- Mobilité (M)

M = 1,5 (TD₅₀ = 42, K_{oc} = 500, DRA = 120 g/ha)

- Persistance dans le sol (P)

P = 1 (TD₅₀ = 42, DRA = 120 g/ha)

- Bioaccumulation (B)

B = 0 (log_{poe} = 1,65, TD₅₀ = 42)

IRE = 12,25

- **Cuivre oxyde**

- Risques aigus (pointage)

DL₅₀oral : 261 mg/kg (4)

DL₅₀cutanée : 2000 mg/kg (2)

CL₅₀inhalation : 2,92 mg/l (2)

Irritation cutanée : oui (8)

Irritation oculaire : oui (8)

Sensibilisation : aucune donnée (0) Σ Risques aigus = 24

- Risque chroniques (pointage)

Cancérogénicité : non (0)

Génotoxicité : données inexistantes (1)

Perturbation endocrinienne : non (0)

Reproduction : aucune donnée (1)

Développement : aucune donnée (1) Σ Risques chroniques = 3

- FPer = 3 (TD₅₀ = 365)

- FPf = 2 (WP)

- FCP = 1 (600 g m.a./ha)

IRS = 217,8

- Impact sur les invertébrés terrestres (T)

T = 0 (CL₅₀ = 862, CIPE = 0,5, RTE = 17,24 , DL₅₀ abeille = 1160, DRA = 600 g/ha, QEC = 0,51)

- Impact sur les oiseaux (O)

O = 0 (DL₅₀ = 1182 mg/kg, QPI = 52,48, RTE = 22,52)

- Impact sur les organismes aquatiques (A)

$A = 2$ ($CPE_{max} = 175,66 \mu\text{g/l}$)

- Mobilité (M)

$M = 0$ ($TD_{50} = 365$, $DRA = 600 \text{ g/ha}$)

- Persistance dans le sol (P)

$P = 4$ ($TD_{50} = 365$, $DRA = 600 \text{ g/ha}$)

- Bioaccumulation (B)

$B = 0$ ($\log_{poe} = 0,44$, $TD_{50} = 365$)

IRE = 49

- **Méthylthiophanate**

- Risques aigus (pointage)

$DL_{50\text{oral}} : 5000 \text{ mg/kg}$ (1)

$DL_{50\text{cutanée}} : 2000 \text{ mg/kg}$ (1)

$CL_{50\text{inhalation}} : 1,7 \text{ mg/l}$ (2)

Irritation cutanée : possible (1)

Irritation oculaire : possible (1)

Sensibilisation : aucune donnée (0) Σ Risques aigus = 7

- Risque chroniques (pointage)

Cancérogénicité : possible (4)

Génotoxicité : données inexistantes (1)

Perturbation endocrinienne : données inexistantes (1)

Reproduction : oui (16)

Développement : oui (16) Σ Risques chroniques = 38

- $FPer = 2$ ($TD_{50} = 5$)

- $FPf = 2$ (WP)

- FCP = 1 (1000 g m.a./ha)

IRS = 1377,8

- Impact sur les invertébrés terrestres (T)

T = 2 (CL₅₀ = 13,2, CIPE = 0,83, RTE = 16,26 , DL₅₀ abeille = 100, DRA = 1000 g/ha, QEC = 10)

- Impact sur les oiseaux (O)

O = 0 (DL₅₀ = 4640 mg/kg, QPI = 52,48, RTE = 88,41)

- Impact sur les organismes aquatiques (A)

A = 1 (CPE_{max} = 118,19 µg/l)

- Mobilité (M)

M = 0 (TD₅₀ = 5, K_{oc} = 207, DRA = 1000 g/ha)

- Persistance dans le sol (P)

P = 0 (TD₅₀ = 5, DRA = 1000 g/ha)

- Bioaccumulation (B)

B = 0 (log_{poe} = 1,45, TD₅₀ = 5)

IRE = 30,25

- **Manèbe**

- Risques aigus (pointage)

DL₅₀oral : 5000 mg/kg (1)

DL₅₀cutanée : 2000 mg/kg (2)

CL₅₀inhalation : 5,34 mg/l (1)

Irritation cutanée : modérément (4)

Irritation oculaire : modérément (4)

Sensibilisation : oui (8) Σ Risques aigus = 20

- Risque chroniques (pointage)

Cancérogénicité : oui (16)

Génotoxicité : données inexistantes (1)

Perturbation endocrinienne : possible (4)

Reproduction : oui (16)

Développement : oui (16) Σ Risques chroniques = 53

- FPer = 1 (TD_{50} = 5)

- FPf = 2 (WP)

- FCP = 1 (800 g m.a./ha)

IRS = 1065,8

- Impact sur les invertébrés terrestres (T)

T = 0 (CL_{50} = 840, CIPE = 0,66, RTE = 1272,72 , DL_{50} abeille = 89,5, DRA = 800 g/ha, QEC = 8,93)

- Impact sur les oiseaux (O)

O = 0 (DL_{50} = 1467 mg/kg, QPI = 52,48, RTE = 27,95)

- Impact sur les organismes aquatiques (A)

A = 3 (CPE_{max} = 118,19 μ g/l)

- Mobilité (M)

M = 0 (TD_{50} = 5, K_{oc} = 1310, DRA = 800 g/ha)

- Persistance dans le sol (P)

P = 0 (TD_{50} = 5, DRA = 800 g/ha)

- Bioaccumulation (B)

B = 0 (\log_{poe} = - 0,45, TD_{50} = 5)

IRE = 16

5. FICHE D'ENQUETE ANALYSE DE LA DURABILITE DE LA PRODUCTION MARAICHERE

Nom de l'enquêteur :

I- Informations générales sur l'exploitation

N° ID : Date : /_/_/_/ Village ou ville : Site :

Adresse :

Statut de l'exploitation :

Nombre des associés :

Nom du propriétaire :

Sexe : M ☐ F ☐

Age :

Niveau d'instruction : Primaire ☐ Secondaire ☐ Supérieur ☐

Situation matrimoniale : Marié (e) ☐ Célibataire ☐ Divorcé(e) ☐ veuf (ve) ☐

Nombre d'enfants :

Le maraîchage constitue-t-il pour vous la seule activité ?

Oui ☐ Non ☐

Sinon quelle autre activité pratiquez-vous ?

Et quelle est votre principale activité ?

Depuis Combien de temps pratiquez-vous le maraîchage ?

Vos enfants sont ils associés à votre activité ?

Oui ☐ Non ☐

Si oui quelles tâches accomplissent-ils?

Si non Pourquoi ?

Vos enfants vont-ils à l'école ? Oui ☐ Non ☐

Si non pourquoi ?

II- Historique de l'exploitation

A- Situation de départ

Reprise de l'exploitation parentale : Oui ☐ Non ☐

Date d'installation :

Superficie de l'exploitation:

A qui appartient la terre exploitée : Etat ☐ Bien personnel ☐ Autres ☐

Si autres préciser:.....

Avez-vous de difficultés pour accéder aux parcelles pour la production ? Oui ☐ Non ☐

B- Evolution

Quels ont été les grands changements jusqu'à aujourd'hui?

.....
.....

Quelles en sont les principales raisons?

.....
.....

C- Les perspectives

Système de production actuelle:

Niveau de production : Meilleur ☐ Stable ☐ Détérioré ☐

Niveau de vie : Meilleur ☐ Stable ☐ Détérioré ☐

Qualité de vie : Meilleur ☐ Stable ☐ Détérioré ☐

III- Présentation générale de l'exploitation

A- Présentation humaine

Main d'œuvre

Quel type de main d'œuvre employez-vous ? Familiale ☐ Salariée ☐ Temporaire ☐ Autres ☐

Si c'est autre préciser:.....

Si la main d'œuvre est salariée ou temporaire, quel salaire accordez-vous par production ?

Pour le labour.....

Pour l'arrosage.....

Pour la récolte.....

- Nombre d'employés permanent ?.....

- Nombre d'employés temporaire ?.....

Statut sur l'exploitation :	Age	Nombre d'UTH	Responsabilités Professionnelles	Autres activités non professionnelles	Activités de loisir (danse, sport, musique, revenants, vaudou, théâtre)
Chef					

d'exploitation					
Salariés					
-					
-					
-					
-					
-					
-					
-					
Non salariés					
F = Famille					
S = Stagiaires					
-					
-					
-					
-					
-					
-					
-					
-					
Total					

A votre avis l'exploitation existera-t-elle dans 10 ans ?

- Existence quasi - certaine Oui ☐ Non ☐
- Existence probable Oui ☐ Non ☐
- Existence souhaitée si possible Oui ☐ Non ☐
- Disparition probable Oui ☐ Non ☐

Est-ce qu'elle est transmissible ?

- Si oui, à qui?
- Si non, pourquoi?

Est-ce que l'aspect financier est un obstacle à la transmission de l'exploitation aux autres?

Oui ☐ Non ☐

B- Les productions végétales

Surface Agricole Utile (SAU) de l'exploitation.....m²

Comment accédez-vous à l'eau pour l'arrosage des plantes?

Puits ☐ Forage ☐ Irrigation ☐ Eau de robinet ☐ Marécage ☐

Existe t-il un système d'irrigation? Oui ☐ Non ☐

Si oui, lequel

L'irrigation est effectuée sur quelle superficie par rapport à la SAU?m²

Effectuez-vous la rotation des cultures ? Oui ☐ Non ☐

Si oui, sur quelle superficie de la parcelle ?.....

Sur quelles espèces végétales ?.....

Y a t-il de l'arboriculture ? Oui ☐ Non ☐

Si oui, sur quelle superficie de l'exploitation ?.....

Y a t-il une culture associée ? Oui ☐ Non ☐

Si oui, laquelle.....

Les différentes productions maraîchères de l'année 2009

Types	Espèces	Variétés (nombre)	Surface (en m ²)	% de la SAU	Rendement (kg/m ²)
Cultures locales	Gboma				
	Soma				
	Fotete				
	Amavive				
	Crincrin				
	Tomate				
	Piment				
Cultures exotiques	Aubergine				
	Haricot vert				
	Concombre				
	Choux				

	Persil				
	Navet				
	Carotte				
	Laitue				
Total					

IV- Pratiques agroécologiques

A- Conduite des productions végétales

Gestion des surfaces

Surface assolée non labourée :m².

Pourcentage des sols labourés :%

Y a t-il brûlage des végétaux ou déchets : Oui ☐ Non ☐

Est-ce qu'il y a des problèmes d'érosion sur votre exploitation ? Oui ☐ Non ☐

- Si oui, précisez son importance: Faible ☐ Moyen ☐ Fort ☐

Que faites vous pour résoudre ces problèmes ?

.....
.....

Utilisez-vous des engrais ? Oui ☐ Non ☐

Si oui :

Consommation annuelle d'engrais :

Type d'engrais	Quantité (en Kg)
NPK	
Urée	
Fumures organiques (fientes de volailles)	
Bouse de vache	
Compost végétal	

Traitement phytosanitaire

Pratiquez-vous la lutte biologique ? Oui ☐ Non ☐

Si oui, quel produit utilisez-vous ?

Utilisez-vous des pesticides chimiques

- de fongicides ? Oui ☐ Non ☐
- d'herbicides ? Oui ☐ Non ☐
- de nématicides ? Oui ☐ Non ☐
- d'insecticides ? Oui ☐ Non ☐

Utilisez-vous systématiquement

- de fongicides ? Oui ☐ Non ☐
- d'herbicides ? Oui ☐ Non ☐
- de nématicides ? Oui ☐ Non ☐
- d'insecticides ? Oui ☐ Non ☐

Source d'approvisionnement des produits :

Utilisez-vous de pulvérisateur pour l'utilisation de pesticides ? Oui ☐ Non ☐

Si oui, comment et où rincez-vous votre pulvérisateur après son utilisation ?

.....

Régalez-vous votre pulvérisateur ? Oui ☐ Non ☐

Où ?

Pour chaque culture pouvez-vous me dire: les formulations et matières actives contenues et les concentrations, ainsi que les quantités utilisées (tableau)

Culture	Superficie et % à la surface assolable	Surface traitée en m ²	Nombre de Traitements	Quantités utilisées pour 1 traitement	Produits Utilisés et matières actives et concentrations	Traitement des semences (oui ou non)	Dose recommandée sur le flacon	Délai de carence adoptée
Gboma								
Soma								
Fotete								

Amaviv e								
Crincrin								
Tomate								
Piment								
Aubergi ne								
Haricot vert								
Concom bre								
Choux								
Persil								
Navet								
Carotte								
Laitue								

Gestion de l'énergie et des déchets

Utilisez-vous de motopompes ? Oui ☐ Non ☐

Si oui :

Consommation annuelle d'eau.....litres ou journalier.....litres.....Fcfa
Consommation annuelle de fioul litres ou par semaine.....litres.....Fcfa
Consommation annuelle en électricité KWH ou mensuelle.....KWH.....Fcfa
Consommation annuelle en gaz.....litres ou mensuelle.....litre.....Fcfa

En ce qui concerne la consommation d'énergie utilisez-vous :

- Une autre récupération de chaleur ? Oui ☐ Non ☐

Si oui, laquelle

- Une éolienne ? Oui ☐ Non ☐

- Du biocarburant ? Oui ☐ Non ☐

Achetez-vous d'engrais organique? Oui ☐ Non ☐

Vous donne-t-on des engrais organiques Oui ☐ Non ☐

Que faites-vous des déchets végétaux de l'exploitation ?

Brûlage ☐ Compostage ☐ Laisser sur le lieu ☐ Jeter dans la nature ☐ autres ☐

Que faites-vous des produits périmés ou sans étiquette ?

Enfouissement ☐ décharge ☐ Oui ☐ Nature ☐ Oui ☐ Marécage ☐ Magasin ☐

Chambre ☐ Utilisation ☐

Mode d'utilisation de pesticides :

Pulvérisation ☐ Aspersions par feuillage ☐

Equipements de protection :

Port de masque ☐ Port de gants ☐ Port de pantalon ☐ Port de chaussures fermées ☐ Protection complète ☐

Mesure de prophylaxie après utilisation des pesticides : Oui ☐ Non ☐

Si oui laquelle ?.....

.....

Où stockez-vous les produits phytosanitaires ?

Stockage des pesticides : Stockage en chambre ☐ Stockage en magasin ☐ Enterrement ☐

Sous les buissons ☐

Que faites-vous de vos plastiques ?

• Emballages des produits phytosanitaires

Stockage en chambre ☐ abandon à côté des champs ☐ enterrement ☐ vendre ☐ réutilisation

• Emballages d'engrais chimique

Stockage en chambre ☐ abandon à côté des champs ☐ enterrement ☐ vendre ☐ réutilisation ☐

Perception de l'utilisation et des risques sanitaires et environnementaux des pesticides par les maraîchers

Peut-on faire du maraîchage sans avoir recours aux pesticides chimiques ? Oui ☐ Non ☐

Saviez-vous que les pesticides sont dangereux pour la santé humaine ? Oui ☐ Non ☐

Qu'est-ce que vous ressentez souvent ou avez-vous déjà ressenti après pulvérisation des pesticides ?

Irritation des yeux ☐ maux de tête ☐ fatigue ☐ irritation de la peau ☐ douleur articulaire ☐
irritation du nez ☐ toux ☐ respiration difficile ☐ vertige ☐ insomnie ☐ manque d'appétit ☐
difficulté d'entendre ☐ diarrhée ☐ vomissement ☐

Avez-vous déjà constaté des morts d'autres insectes et animaux en dehors des ravageurs dans vos périmètres maraîchers ? Oui ☐ Non ☐

Si oui, lequel.....

V- Pratiques Sociales

A-Relations avec le milieu agricole

Faites-vous partie d'un organisme type (coopérative, association, syndicat,...) ?

Oui ☐ Non ☐

Si oui, lequel

Quel est votre statut dans cet organisme?

Quels sont les avantages que vous y tirez ?

.....

Nombre de jours de formation continue par an:

Y a t-il accueil de stagiaires? Oui ☐ Non ☐

Y a t-il accueil de groupements agricoles? Oui ☐ Non ☐

Est-ce que vous vous entraidez (travail en commun)? Oui ☐ Non ☐

- Si oui : plus de 10 jours par an, précisez le Nbre de jours.....

: Moins de 10 jours par an, précisez le Nbre de jours.....

Utilisez-vous de matériels en commun avec les autres maraîchers (pulvérisateur, arrosoir ...)?

Oui ☐ Non ☐

Si oui, lesquels.....

B-Ouverture sur la société

Arrivez-vous à vivre normalement avec l'argent que vous gagnez ? Oui ☐ Non ☐

Si non de quoi avez-vous besoin pour mieux vivre de l'exploitation?.....

Y a t-il des services rendus au territoire? Oui ☐ Non ☐

- Si oui, est-ce qu'ils sont rémunérés Oui ☐ Non ☐

Si oui, Lesquels.....

Accueil des clients : Bon accueil ☐ Accueil froid ☐ Mauvais accueil ☐

Des pratiques d'insertion ou d'expérimentation sociales sont-elles réalisées (à l'intérieur d'exploitation)? Oui ☐ Non ☐

Y a t-il des dispositifs de clôtures passantes? Oui ☐ Non ☐

Etat du chemin d'accès : praticable ☐ peu praticable ☐ non praticable ☐

Y a-t-il de bâtiments sur l'exploitation ? Oui ☐ Non ☐

Qualité de vie:

Nombre de semaines/an où vous vous sentez surchargé:

Si vous deviez estimer votre qualité de vie entre 0 et 10, quelle note vous mettriez ?.....

Si vous deviez estimer votre isolement entre 0 et 10, quelle note vous mettriez?

Est-ce que ça vous dérange d'être isolé? Oui ☐ Non ☐

Habitez-vous sur ou à proximité de l'exploitation? Oui ☐ Non ☐

Acceptabilité de l'implantation de votre exploitation par l'entourage ?

Oui ☐ Mitigé ☐ Non ☐

Quelles sont les maladies que vous avez régulièrement ?.....

.....

.....

.....

Pouvons-nous avoir votre carnet de santé ?.....

Seriez-vous prêt à effectuer un contrôle médical ? Oui ☐ Non ☐

Prélèvement de sang et analyse Oui ☐ Non ☐

Prélèvement d'urine et analyse Oui ☐ Non ☐

Bénéficiez- vous de formation technique de la part des autorités publiques (CeCPA) ?

Oui ☐ Non ☐

Aviez- vous reçu de formation en gestion ?

Oui ☐ Non ☐

Etes-vous abonné à une maison d'assurance ? Oui ☐ Non ☐

Epargnez-vous de l'argent dans une institution financière ? Oui ☐ Non ☐

Participez-vous à une tontine ? Oui ☐ Non ☐

Avez-vous souvent recours aux emprunts auprès d'institutions financières pour la production ? Oui ☐ Non ☐

Si oui, arrivez-vous à solder dans les délais ? Oui ☐ Non ☐

Quelle est la force de relation entre vous et les fournisseurs ? Forte ☐ Moyenne ☐ Faible ☐

Quelle est la force de relation entre vous et clients? Forte ☐ Moyenne ☐ Faible ☐

Est-ce que vos clients sont informés sur la qualité des produits et le processus de production ?

Assistance de clients au processus de production ☐ Clients informés sur le processus de production ☐ Clients non informés ☐ Satisfaction des clients ☐ Clients non satisfaits ☐
 Participez-vous à l'élaboration des politiques de la filière ? Oui ☐ Non ☐ Parfois ☐

VI- Résultats économiques

Comptabilité

Les différentes ventes de l'exploitation 2009

			Vente en Fcfa	Aides perçues (en Fcfa)	Dépenses
Productions végétales	Cultures locales	Gboma			
		Soma			
		Fotete			
		Amavive			
		Crincrin			
		Tomate			
		Piment			
	Cultures exotiques	Aubergine			
		Haricot vert			
		Concombre			
		Choux			
		Persil			
		Navet			
		Carotte			
		Laitue			

--	--	--	--	--	--

			Achat ou dépenses en intrants	
			En kg ou litre ou nombre	En Fcfa.
Productions Végétales	Cultures locales (la plus cultivée par le maraîcher)	Semences		
		Produits phytosanitaires		
		Eau		
		Engrais chimiques		
		Fumures organiques		
		Compost vert		
		Autres charges		
	Cultures exotiques (la plus cultivée par le maraîcher)	Semences		
		Produits phytosanitaires		
		Eau		
		Engrais chimiques		
		Fumures organiques		
		Compost vert		
		Autres charges		

			Total	

	Année 2009	Année 2008	Année 2007
Capital total			
Chiffre d'affaire ou Recettes totales			
Dépenses pour intrants			
Paieement employés			
Redevance location			
Subventions et aides directes			
Emprunts			
Amortissements emprunts			
Intérêts payés aux institutions financières			
EBE (Excédent Brut d'Exploitation)			
Annuités			

Quel est le chiffre d'affaire de la plus importante des productions (espèce végétale) ?
.....en Fcfa.

Le principal client achète t-il moins que 50% du Chiffre d'affaire ? Oui ☐ Non ☐

Dans quelle proportion par rapport au chiffre d'affaire le principal client contribue ?.....%

Vente des produits sur l'exploitation ? Oui ☐ Non ☐

La vente des produits se fait-elle par filière courte (vente directe ou bien par un seul intermédiaire) ? Oui ☐ Non ☐

Oui, dans quel pourcentage par rapport au produit total ?.....%

Comment gérez-vous la vente de votre récolte ?.....

Qui sont vos clients potentiels ?

Revendeuse ☐ Hôtel ☐ Restaurants ☐ Grossistes ☐ Négociants ☐ Autres ☐

Vos clients sont-ils éloignés de votre exploitation ? Oui ☐ Non ☐

Si oui, comment acheminez- vous les produits récoltés au lieu de vente ?

.....

A quoi servent les revenus issus de la production ?

Agrandissement de l'exploitation ☐ Achat d'intrants agricoles ☐ Scolarité des enfants ☐
Santé familiale ☐

VII- Evaluation de la grille par l'agriculteur

La grille

Quelles sont vos impressions générales sur la grille?

.....
.....
.....

Y a t-il des critères qui vous paraissent aberrants? Oui ☐ Non ☐

Oui, Lesquels? Pourquoi?

.....
.....

Le concept de cette grille vous paraît-il intéressant dans le cadre d'une autoévaluation de votre exploitation? Oui ☐ Non ☐

Pourquoi?.....

La durabilité

Quelles sont les principales difficultés qui se posent au niveau de votre exploitation ?

.....
.....

Que proposez-vous pour résoudre ces problèmes?

.....
.....

Que pourriez-vous proposer pour améliorer votre exploitation?

.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....

Qu'est-ce que ça veut dire durabilité pour vous:

Par rapport à l'environnement?

.....
.....
Par rapport à la transmission de l'exploitation?
.....
.....

Par rapport au devenir de l'exploitation?
.....
.....

Pourquoi cultivez-vous ces spéculations végétales citées plus haut?
.....
.....

Commentaires:
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....

6. FICHE D'ENQUETE D'ANALYSE DES EFFICACITES EN PRODUCTION

SECTION 00 : IDENTIFICATION

Numéro du questionnaire : / / / /	
Village :	Téléphone :
Nom du chef d'exploitation :	Statut matrimonial : / /
Sexe* : / /	Religion / /
Age : / / /	Superficie disponible : / / /

	Superficie consacrée à la grande morelle : / / /
Activité principale : / / /	Part de l'activité principale dans le revenu du producteur : / / /
Expérience dans l'agriculture en année : / / /	Expérience dans la production de la grande morelle :
Niveau d'instruction du chef d'exploitation : / /	Niveau d'arrêt à l'école du chef d'exploitation: / / /
Niveau d'alphabétisation : / / /	Taille du ménage de l'exploitant : / / /
Composition du ménage de l'exploitant : A. /_/_/ B. /_/_/ C. /_/_/ D. /_/_/	

(*) 1=Masculin ; 2= Féminin (****) 1=Catholique ; 2=Musulmane ; 3=Protestante, 4= Autres chrétienne, 5=

Aucune religion, 6=Autre) ,

(**) 1= sans niveau, 2= primaire, 3= secondaire 4= Universitaire, 5= Autre (à préciser)

(***) 1=Célibataire, 2= Marié, 3=Veuf(ou veuve), 4=Union libre, 5=Divorcé (e)

A=Nombre d'enfant de moins de 15 ans, B=Nombre de femme de plus de 15 ans, C=Nombre d'homme de plus de 15 ans D=nombre de personnes de plus de 55 ans

S0Q01 avez vous reçu une formation en rapport directe avec l'agriculture ? (1=Oui, 2=Non S1Q01) /_/_/

S0Q02 si oui, quelle a été la durée totale de cette formation ? /_/_/

1=moins d'un an, 2= entre 1 et 3 ans, 3= plus de 3 ans

SECTION 01 : AGRICULTURE ET ACTIVITES ECONOMIQUES DE L'EXPLOITANT

S1Q01 quelles sont les principales cultures (spéculations) dans votre exploitation? :
/_/_/_/_/_/_/_/

1=Morelle, 2=Vernonia, 3=Amaranthe, 4=Laitue, 5= Chou, 6= Carotte, 7= Navet, 8=Tomate, 9=Autres (à préciser)

S1Q02 Exercez-vous une activité secondaire à l'exploitation ? (1=Oui, 2=Non S1Q04) /__/

S1Q03 Si oui, la quelle ? /__/

1=Elevage, 2= fonctionnaire, 3= pisciculture, 4= Artisanat, 5=Commerce, 6= Autres (à préciser)

S1Q04avez-vous bénéficié d'appui financier durant la dernière campagne agricole? /__/

(1=Oui, 2=Non)

S1Q05 si oui quelles sont les sources ? /__/

1=Etat, 2= Microfinance, 3= ONG, 4= Famille, 5=Association, 6= Autres (à préciser)

S1Q06 quel est le montant de cet appui? (en milliers de FCA) /__/_/

S1Q07 appartenez-vous à une organisation paysanne(ou un GIC) ? (oui=1 ; 2=Non) /__/

S1Q08 Depuis combien d'année ? /__/

1. moins de 2 ans, 2. Entre 2 et 5 ans, 3. Plus de 5 ans

S1Q09 Bénéficier vous d'un dispositif d'appui conseil? /__/ (oui=1 ; Non=2)

S1Q10 Si oui de quelle structure /__/

1= Etat, 2= ONG, 3= Autres (à préciser)

S1Q11 Bénéficier vous d'encadrement? /__/ (oui=1 ; Non=2)

S1Q12 Si oui de quelle structure /__/

1= Etat, 2= ONG, 3= Autres (à préciser)

SECTION 02 : CARACTERISTIQUES DE L'EXPLOITATION

S2Q01 Quelle est la superficie totale de votre exploitation (en ha ou en m²)? /__/, consacrée à la morelle (en ha ou en m²)? /__/

S2Q02 quel est le nombre d'actif familial utilisé lors de la dernière campagne pour la production de morelle ? /__/_/

(L'enquêteur fera la somme des actifs utilisé en tenant compte du calendrier des travaux ci-dessous)

Travaux	Homme adulte			Femme adulte			Enfant* et vieux**			
	Nbre	Nbre	Total	Nb	Nbre	Tot	Nb	Nbre	Tota	

		de Pers.	De Jour		re de Per s.	De Jour	al	re de Per s.	De Jour	I	

(*) Moins de 15 ans (**) plus de 55 ans

S2Q03 avez-vous utilisé une main d'oeuvre salariale ? (oui=1 ; Non=2) /__/

S2Q04 si oui, quel est le nombre d'actif salarié utilisé lors de la dernière campagne pour la morelle ? /__/_/ (L'enquêteur fera la somme des actifs utilisé en tenant compte du calendrier des travaux ci-dessous)

Culture de grande morelle	Type de travaux effectués	Homme adulte			Femme adulte			Enfant et vieux		
		Nbre de Person ne	Tot al des Jour de	Co ût en FCF A	Nbre de Perso nne	Tot al des Jour de	Co ût en FCF A	Nbre de Perso nne	Tota l des jour de trav ail	Coût en FCFA
	Confection planches et semis									
	Arrosage									
	Binage									
	Désherbag e									
	Fertilisatio n									
	Traitement phytosanit aire									

SECTION 03 : CAPITAL PHYSIQUE UTILISE

	avez-vous au cours de la dernière campagne	En quelle quantité ?	Quelle a été sa durée d'utilisation moyenne	Coût d'aquisi
--	---	-------------------------	--	------------------

utilisé un des matériels suivant :		? (en année)	tion
1= Oui 2= Non*			
a) Machette //	///	///	
b) Houe //	///	///	
c) Rateaux //	///	///	
d) Motopompe //	///	///	
e) Tuyaux //	///	///	
f) Arrosoir //	///	///	
g) //	///	///	
h) //	///	///	
(*)Si non Type de bien suivant ou section suivante			

SECTION 04 : ACCES A LA TERRE

1. fermage; 2.métayage; 3. Héritage; 4= achat, 5. Autres

S4Q02 combien estimez-vous le coût de location par champagne? /_/

SECTION 05 : CONSOMMATIONS INTERMEDIARES

S5Q01 : avez-vous au cours de la dernière campagne utilisé les	S5Q02 : En quelle quantité ?	Quelle en est la provenance ?*	S5Q03 : Quel a été le prix unitaire	S5Q04 : Quel a été le coût total d'acquisition ?
intrants suivant pour la production de morelle :			d'acquisition ?	(en milliers de FCFA)
	(en Kg ou L)			
1= Oui 2= N				
a) Semences améliorées /_/	/ _ _ /	/ _	/ _ _ _ /	/ _ _ _ /
b) Semences traditionnelles /_/	/ _ _ /	/ _	/ _ _ _ /	/ _ _ _ /
c) Pesticides chimiques / _	/ _ _ /	/ _	/ _ _ _ /	/ _ _ _ /
d) Biopesticides / _	/ _ _ /	/ _	/ _ _ _ /	/ _ _ _ /
e) Engrais chimiques	/ _ _ /	/ _	/ _ _ _ /	/ _ _ _ /

/ _ /				
f) Engrais organiques / _ /	/ _ _ /	/ _ /	/ _ _ _ /	/ _ _ _ /
g) Eaux / _ /	/ _ _ /	/ _ /	/ _ _ _ /	/ _ _ _ /

(*) 1= achat au marché, 2= Institut de recherche, 3=stock, 4=don, 5=Autres (Provenance)

SECTION 06 : PRODUCTION ET VALORISATION DES PRODUITS

Spécifications	Quantité produite en unité locale (*)	Quantité produite en Kg	Prix unitaire	Production totale en valeur
Morelle				
1 ^{ère} récolte				
2 ^{nde} récolte				
3 ^{ème} récolte				

(*) Exprimé en unité de mesure traditionnelle (cuvette, sac, bâchée...) ou si possible en Kg

S6Q01 Quelles sont les contraintes majeures à la production ? / _ /

1= Ravageurs ; 2= Maladies ; 3= Accès à l'eau ; 4= Manque de terres ; 5= Manque de main d'œuvre ; 6= Faible fertilité des sols ; 7= Manque de semences ; 8= Coût des intrants trop élevés

Classer les par ordre d'importance pour le producteur :

S6Q02 quel est votre objectif de production ? / _ /

1= Subsistance, 2 =Vente, 3= Subsistance et vente, 4= Autres (à préciser)

S6Q03 Quelle est votre principale clientèle directe ? / _ /

1=Consommateurs, 2=Revendeurs, 3=Grossistes, 4=Restaurants, 5=Hôtels, 6=Autres (à préciser)

S6Q04 Pendant les cinq dernières années, comment évaluez-vous l'évolution de votre production ? / _ /

1 = A la hausse, 2 = A la baisse, 3 = Stable

TABLE DES MATIERES

Sommaire.....	i
Dédicace.....	iii
Remerciements.....	iv
Liste des abréviations.....	vii
Résumé.....	ix
Abstract.....	xi
Liste des tableaux.....	xiii
Liste des figures et photos.....	xvii
Introduction.....	1
PREMIERE PARTIE : SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE, PROBLEMATIQUE ET METHODOLOGIE	5
Chapitre I : Concepts de durabilité, d'approche écosystémique et analyse des efficacités en production agricole.....	6
1. Définition des concepts et impacts de l'agriculture conventionnelle.....	7
1.1. Définition des concepts.....	7
1.2. Pollution environnementale des pesticides agricoles.....	12
1.2.1. Pollution atmosphérique des pesticides.....	12
1.2.2. Pollution des eaux.....	12
1.2.3. Pollution des sols.....	12
1.3. Effets de l'usage des pesticides agricoles sur la santé humaine.....	13
1.3.1. Effets aigus.....	13
1.3.2. Effets chroniques.....	13
2. Considérations pour une gestion durable des cultures.....	18
2.1. Agriculture conventionnelle.....	18
2.2. Milieu naturel et rupture d'équilibre.....	19
2.3. Importance de l'époque de traitement.....	19
2.4. Sensibilité des différents âges des nuisibles.....	20
2.5. Importance du mode d'application des pesticides.....	20
2.6. Importance du choix de pesticide et de la rationalité de son usage	20
2.7. Les engrais.....	20
2.7.1. Intérêts de l'utilisation des engrais.....	20
2.7.1.1. Amélioration de la qualité des cultures.....	20
2.7.1.2. Amélioration de la qualité des sols.....	21
2.7.1.3. Inconvénients liés à l'utilisation des engrais sur l'environnement.....	21
2.8. Protection intégrée.....	21
2.9. Production intégrée.....	22
2.10. Agriculture biologique.....	22
3. Analyse de rentabilité, de productivité et des efficacités.....	22
3.1. Le concept d'analyse de rentabilité.....	22
3.2. Rentabilité des cultures maraîchères.....	23
3.3. Analyse de la productivité des exploitations maraîchères.....	24
3.3.1. Des théories physiocrates à la théorie néoclassique de la répartition.....	24
3.4. Analyse de l'efficacité technique et allocative.....	26
3.4.1. La notion d'efficacité technique.....	27
3.4.2. La notion d'efficacité allocative.....	27
3.4.3. La notion d'efficacité économique.....	28

3.5. Méthodes d'estimation de l'efficacité.....	29
3.5.1. L'approche non paramétrique.....	29
3.5.1.1. Fondement de l'approche non paramétrique.....	29
3.5.1.2. La méthode DEA (Data Envelopment Analysis).....	31
3.5.2. L'approche paramétrique.....	32
3.5.3. Avantages et inconvénients des méthodes paramétriques et non paramétriques.....	34
3.5.4. Mesure des efficacités avec données en panel.....	35
3.6. Déterminants des efficacités.....	35
4. Concept d'approche écosystémique.....	36
4.1. Fondement de l'approche écosystémique.....	36
4.2. Approche écosystémique de l'agriculture.....	37
4.3. Approche écosystémique de la santé humaine (EcoSanté).....	38
5. Durabilité : Concept et méthodes d'évaluation.....	39
5.1. Historique du concept.....	39
5.1.1. Rapport sur l'état de l'environnement dans le monde.....	40
5.1.2. Rapport Meadows: « The limits to growth ».....	40
5.1.3. Notion d'éco-développement.....	40
5.1.4. Rapport Brundtland: « Our common future ».....	41
5.1.5. Sommet de Rio ou Sommet : « Planète Terre » (1992).....	41
5.1.6. Sommet de Johannesburg en 2002.....	42
5.2. Représentation du concept.....	43
5.2.1. Concept du Développement Durable.....	43
5.2.2. Les piliers du Développement Durable.....	44
5.2.3. Les vecteurs du Développement Durable.....	45
5.2.4. Les caractéristiques du Développement Durable.....	46
5.2.5. Les principes du Développement Durable.....	47
5.3. Concept de durabilité en agriculture.....	48
5.4. Méthodes d'évaluation du Développement Durable.....	49
5.4.1. Les dix principes de Bellagio.....	49
5.4.2. Différentes méthodes d'évaluation de la durabilité au niveau de l'exploitation.....	52
5.4.2.1. Méthodes à dimensions environnementale, sociologique et économique.....	53
5.4.2.1.1. Méthodes d'approche modélisation.....	53
5.4.2.1.2. Méthodes d'approche quantitative.....	54
5.4.2.1.3. Méthodes d'approche qualitative.....	58
Chapitre II : Problématique et Méthodologie	59
1. Problématique de l'étude.....	60
1.1. Aperçu de la production maraîchère au sud du Bénin.....	60
1.2. Contexte de l'étude.....	60
1.3. Enoncé du problème.....	61
1.4. Objectifs de recherche.....	65
1.4.1. Objectif général.....	65
1.4.2. Objectifs spécifiques.....	65
1.4.3. Hypothèses de recherche.....	65
2. Cadre d'étude.....	66
2.1. Présentation de la municipalité de Cotonou (Département du Littoral).....	66
2.2. Présentation de la commune de Ouidah.....	67
2.3. Présentation de la commune de Sèmè-kpodji.....	69

3. Méthodologie de recherche.....	70
3.1. Phases de l'étude.....	70
3.1.1. Phase documentaire.....	71
3.1.2. Phase exploratoire.....	71
3.1.3. Phases d'enquête.....	71
3.1.3.1. Enquête pour l'évaluation de la durabilité des exploitations et des risques sanitaires et environnementaux des pratiques phytosanitaires.....	71
3.1.3.2. Enquête pour l'analyse des performances économique des exploitations dans la production de la grande morelle et du chou pommé.....	72
3.1.4. Recherche en laboratoire.....	73
3.1.5. Analyse statistiques des données.....	73
3.2. Indicateurs de Durabilité de la Production Maraîchère.....	73
DEUXIEME PARTIE : DURABILITE DE LA PRODUCTION MARAICHERE	89
Chapitre III : Caractérisation et diversité des exploitations de production maraîchère et leurs interactions avec l'environnement urbain et périurbain au sud-Bénin.....	90
1. Introduction.....	91
2. Méthodologie.....	92
2.1. Localisation de la zone d'étude.....	92
2.2. Collecte des données et analyses statistiques.....	92
3. Résultats.....	93
3.1. Caractéristiques sociodémographiques des exploitants.....	93
3.2. Pratiques culturelles et gestion des ravageurs.....	94
3.3. Distribution des spéculations et revenus de l'exploitation.....	95
3.4. Caractéristiques et typologie des exploitations.....	98
3.4.1. Les résultats de l'analyse des correspondances multiples.....	98
3.4.2. Catégorisation des exploitations.....	101
4. Discussions.....	104
5. Conclusion.....	107
6. Références bibliographiques.....	108
Chapitre IV : Evaluation de la durabilité de la production : utilisation des Indicateurs de Durabilité de la Production Maraîchère (IDPM), une adaptation de la méthode française IDEA.....	112
1. Introduction.....	113
2. Méthodologie.....	114
2.1. Localisation de la zone d'étude.....	114
2.2. Collecte des données et calcul d'indicateurs de durabilité.....	114
2.3. Méthode d'évaluation de la durabilité : IDPM.....	114
2.4. Analyses statistiques.....	115
3. Résultats.....	115
3.1. Durabilité agroécologique.....	115
3.2. Durabilité socioterritoriale.....	118
3.3. Durabilité économique.....	120
3.4. Durabilité globale.....	121
3.5. Evolution de la durabilité.....	123
3.6. Catégorisation des exploitations selon les scores de durabilité.....	126
4. Discussions.....	128
4.1. Analyse de la dimension agroécologique de la durabilité.....	128

4.2. Analyse de la dimension socioterritoriale de la durabilité.....	128
4.3. Analyse de la dimension économique de la durabilité.....	129
5. Conclusion.....	129
6. Références bibliographiques.....	130
TROISIEME PARTIE : RISQUES ET IMPACTS SANITAIRES ET ENVIRONNEMENTAUX DES PRATIQUES PHYTOSANITAIRES	132
Chapitre V : Evaluation des risques des pratiques phytosanitaires maraîchères au sud-Bénin et ses déterminants.....	133
1. Introduction.....	134
2. Méthodologie.....	135
2.1. Enquête et calcul d'indices de risque.....	135
2.2. Méthode d'analyse des déterminants des pratiques phytosanitaires.....	136
3. Résultats.....	136
3.1. Types de pesticides utilisés.....	136
3.2. Types de formulations et familles chimiques de pesticides recensés en 2009.....	138
3.3. Indices de risque sur la santé (IRS) de l'IRPeQ.....	141
3.4. Indices de risque sur l'environnement (IRE) de l'IRPeQ.....	143
3.5. Risques sanitaires des traitements pesticides des exploitations maraîchères.....	145
3.6. Risques environnementaux des traitements pesticides des exploitations maraîchères.....	147
3.7. Indices de pression pesticides (IP) des exploitations maraîchères.....	149
3.8. Indices de fréquence de traitement insecticides (IFT-Insecticide) des exploitations.....	150
3.9. Indices de fréquence de traitement fongicides (IFT-Fongicide) des exploitations.....	150
3.10. Indices de fréquence de traitement nématicides (IFT-nématicide) des exploitations.....	151
3.11. Evolution des risques sanitaires et environnementaux liés à l'utilisation des pesticides des exploitations maraîchères.....	151
3.12. Mesures d'hygiène lors de l'épandage des pesticides.....	153
3.13. Mesures de prophylaxie après l'utilisation des pesticides.....	153
3.14. Effets directs de l'utilisation des pesticides sur la santé des producteurs.....	154
3.15. Stockage des pesticides, devenir des emballages et perception des producteurs sur les pesticides.....	155
3.16. Effets constatés des pesticides sur la biodiversité.....	156
3.17. Description des variables des modèles d'analyse des déterminants des pratiques phytosanitaires des maraîchers.....	156
3.18. Facteurs influençant l'utilisation des pesticides chimiques.....	157
3.19. Facteurs influençant le port des Equipements de Protection Individuelle (EPI).....	158
4. Discussion.....	159
4.1. Pratiques phytosanitaires des maraîchers.....	159
4.2. Risques sanitaires et environnementaux liés aux pratiques phytosanitaires maraîchères...	160
4.2.1. Evaluation des risques environnementaux et sanitaires des pesticides.....	160
4.2.2. Risques sanitaires et environnementaux des traitements pesticides des exploitations ...	161
4.3. Facteurs déterminant les pratiques phytosanitaires.....	163
4.3.1. Facteurs déterminant l'utilisation des pesticides chimiques.....	163
4.3.2. Facteurs déterminant le port des équipements de protection individuelle.....	164
5. Conclusion.....	164
6. Références bibliographiques.....	165
Chapitre VI : Evaluation du risque de contamination des produits maraîchers et de l'environnement par les pesticides au Sud-Bénin.....	168

1. Introduction.....	169
2. Matériels et méthodes.....	170
2.1. Echantillonnage.....	170
2.2. Méthode d'analyse des échantillons.....	170
2.2.1. Dosage des pesticides.....	170
2.2.2. Dosage des nitrates.....	171
2.2.3. Dosage des nitrites.....	171
2.2.4. Dosage des phosphates.....	172
2.3. Analyses statistiques.....	172
3. Résultats et Discussions.....	172
3.1. Evolution des teneurs résiduelles en pesticides dans les feuilles de chou et sols ...maraîchers après traitement à la deltaméthrine et au chlorpyrifos-éthyl.....	172
3.2. Analyse des résidus de pesticides dans les produits maraîchers collectés avant récolte....	175
3.3. Analyse des teneurs résiduelles en pesticides dans les produits maraîchers collectés sur marchés de Cotonou.....	177
3.4. Analyse des résidus de pesticides, nitrates, nitrites, phosphates dans sols, eaux provenant des sites maraîchers.....	180
3.5. Essai de mise au point d'une galerie d'identification des familles chimiques de pesticides présents dans les échantillons.....	182
4. Conclusion.....	184
5. Références bibliographiques.....	185
QUATRIEME PARTIE : ANALYSE DES PERFORMANCES ECONOMIQUES DANS LA PRODUCTION	191
Chapitre VII : Analyse des efficacités technique, allocative et économique dans la production de la grande morelle (<i>Solanum macrocarpon</i>) au sud-Bénin.....	192
1. Introduction.....	193
2. Méthodologie.....	194
2.1. Localisation de la zone d'étude et collecte des données.....	194
2.2. Méthode d'analyse des données.....	194
2.3. Les variables servant à la mesure des efficacités.....	195
2.4. Les variables servant à l'analyse des déterminants des efficacités.....	197
2.5. Calcul des ratios de rentabilité et de productivité.....	198
3. Résultats.....	198
3.1. Caractéristiques sociodémographiques.....	198
3.2. Systèmes de production et caractéristiques des exploitations.....	201
3.3. Relations entre producteurs et le monde agricole.....	202
3.4. Contraintes liées à la production de grande morelle.....	203
3.5. Circuits de distribution.....	204
3.6. Performances dans la production de grande morelle.....	205
3.6.1. Coûts de production.....	205
3.6.2. Productivité des facteurs de production.....	206
3.6.2.1. Productivité du facteur terre.....	206
3.6.2.2. Productivité du facteur capital.....	209
3.6.2.3. Productivité du facteur travail.....	209
3.6.3. Rentabilité de la production.....	210
3.7. Evaluation de l'efficacité des producteurs.....	211
3.7.1. Estimation de l'efficacité technique.....	211
3.7.2. Estimation de l'efficacité allocative.....	213

3.7.3. Efficacité économique.....	214
3.8. Déterminants des efficacités dans la production.....	215
4. Discussions.....	216
4.1. Analyse de la productivité et de la rentabilité dans la production.....	216
4.1.1. Productivité des facteurs de production.....	216
4.1.2. Rentabilité de la production.....	217
4.2. Analyse de l'efficacité des producteurs.....	218
4.3. Analyse des déterminants des efficacités de la production.....	219
5. Conclusion.....	220
6. Références bibliographiques.....	220
Chapitre VIII : Efficacité technique et rentabilité financière dans la production de chou pommé (<i>Brassica oleracea</i>) au sud-Bénin.....	225
1. Introduction.....	226
2. Méthodologie.....	226
2.1. Localisation de la zone d'étude et collecte des données.....	226
2.2. Méthode d'analyse des données.....	226
2.3. Les variables servant à la mesure de l'efficacité technique	227
2.4. Les variables qui expliquent l'efficacité technique.....	228
2.5. Calcul des ratios de rentabilité et de productivité.....	229
3. Résultats.....	230
3.1. Caractéristiques sociodémographiques des enquêtés.....	230
3.2. Systèmes de production et caractéristiques des exploitations.....	230
3.3. Contraintes liées à la production de chou pommé.....	232
3.4. Circuits de distribution de chou pommé.....	232
3.5. Coûts moyens de production de chou pommé par unité de planche de 6m ²	233
3.6. Productivité des facteurs de production.....	234
3.6.1. Productivité du facteur terre.....	234
3.6.2. Productivité du facteur capital.....	235
3.6.3. Productivité du facteur travail.....	235
3.6.4. Fonction de production du chou pommé.....	235
3.7. Rentabilité de la production de chou pommé.....	236
3.8. Evaluation de l'efficacité dans la production et analyse des déterminants.....	237
3.8.1. Estimation de l'efficacité technique.....	237
3.8.2. Déterminants de l'efficacité de la production du chou pommé.....	239
4. Discussions.....	240
5. Conclusion.....	242
6. Références bibliographiques.....	243
CINQUIEME PARTIE : DISCUSSION GENERALE ET CONCLUSION	246
Chapitre IX : Discussion générale.....	247
1. Analyse de la situation actuelle des systèmes de production et pratiques en maraîchage au sud du Bénin.....	248
2. Voies d'amélioration de la durabilité des systèmes de production maraîchère au sud du Bénin.....	251
3. Analyse critique de la méthode d'évaluation de la durabilité.....	252
4. Perspectives.....	253
Conclusion Générale.....	254
Références Bibliographiques.....	256

Annexe.....	288
1. Liste Articles publiés et soumis.....	289
2. Liste Articles en préparation.....	289
3. Liste Communications et posters.....	289
4. Indicateurs de Risques des Pesticides du Québec (IRPeQ).....	290
5. Fiches d'enquêtes.....	322
Table des matières.....	342